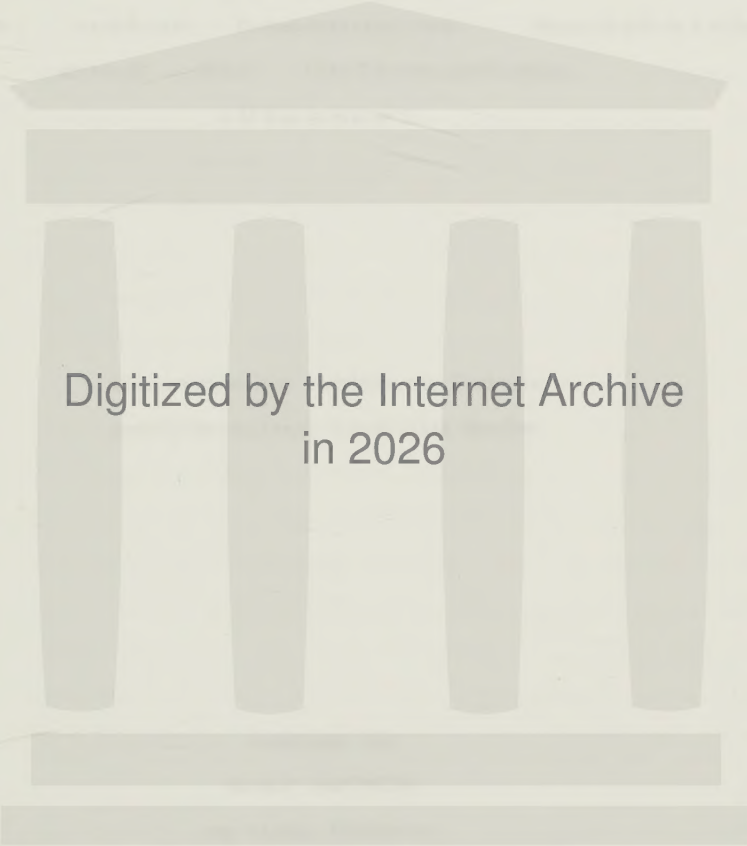


Die quantitative Erfassung der
profunden Benthosfauna des Starnberger Sees,
unter besonderer Berücksichtigung der
Chironomiden (Diptera)

Roland Gerstmeier



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Die quantitative Erfassung der profundalen Benthosfauna des Starnberger Sees, unter besonderer Berücksichtigung der Chironomiden
(Diptera)

Dissertation der Fakultät für Biologie

Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Roland GERSTMEIER

aus Lindau (Bodensee)

Oktober 1985

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. habil. E.J. FITTKAU

2. Berichterstatter: Prof. Dr. O. SIEBECK

Tag der mündlichen Prüfung: 14.03.1986

INHALT

1.	Einleitung.....	1
2.	Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	3
2.1.	Allgemeine Angaben über den Starnberger See.....	3
2.2.	Probestellen.....	4
3.	Material und Methoden.....	8
3.1.	Abiotische Faktoren.....	8
3.2.	Biotische Faktoren.....	8
3.2.1.	Entnahme quantitativer Benthosproben.....	8
3.2.2.	Aufarbeitung der Bodenproben.....	9
3.2.3.	Bemerkungen über die Wahl der Methodik bei Benthos- untersuchungen.....	9
3.2.4.	Vermessen und Wiegen der Chironomidenlarven.....	11
3.2.5.	Berechnung von Biomasse und Produktion.....	11
3.2.6.	Proben der Oberflächendrift und Zucht.....	13
3.2.7.	Artbestimmung und Präparation.....	14
4.	Ergebnisse.....	15
4.1.	Darstellung und Diskussion der abiotischen Faktoren.....	15
4.1.1.	Sichttiefe.....	15
4.1.2.	Temperatur.....	16
4.1.3.	Sauerstoff.....	20
4.1.3.1.	Sauerstoff-Isoplethen.....	20
4.1.3.2.	Vertikale Sauerstoffverteilung während Stagnation und Zirkulation.....	21
4.1.3.3.	Sauerstoffverhältnisse am Seegrund.....	23
4.1.4.	pH-Wert ,	24
4.1.5.	Sedimentbeschreibung.....	25

4.2.	Darstellung der biotischen Faktoren: Chironomidae.....	26
4.2.1.	Artenliste.....	26
4.2.2.	Artenzahl im Vertikalprofil.....	28
4.2.3.	Bathymetrische Verteilung.....	30
4.2.4.	Mittlere Abundanzen der häufigsten Arten.....	32
4.2.4.1.	Larven und Puppen (insgesamt).....	32
4.2.4.2.	Saisonale Veränderung der mittleren Abundanz der häufigsten Chironomidenpuppen.....	34
4.2.4.3.	Saisonale Veränderung der mittleren Abundanz der häufigsten Chironomidenlarven.....	36
4.2.4.4.	Saisonale Abundanzen in einzelnen Tiefenstufen.....	40
4.2.5.	Größentrennung der häufigsten Arten.....	44
4.2.6.	Längenverteilung von <i>Micropsectra</i> , <i>Sergentia</i> und <i>Tanytarsus</i>	47
4.2.7.	Biomasse und Produktion.....	53
4.2.8.	Parasitierung der Larven mit Mermithiden.....	60
4.3.	Sonstige Benthosorganismen: Ergebnisse und Diskussion.....	63
4.4.	Magenuntersuchungen von Renken.....	70
4.4.1.	Allgemeine Bemerkungen zur Methodik.....	70
4.4.2.	Methodik.....	71
4.4.3.	Ergebnisse und Diskussion.....	72
5.	Diskussion.....	78
5.1.	Artenspektrum und bathymetrische Verteilung.....	78
5.2.	Mittlere und saisonale Abundanzen.....	79
5.3.	Emergenz.....	82
5.4.	Parasitierung mit Mermithiden.....	84
5.4.1.	Allgemeines.....	84
5.4.2.	Quantitative Verteilung.....	85
5.5.	Vergleich der Chironomidenbesiedelung mit anderen Seen.....	87

5.6.	Chironomiden als Indikatoren für die Gewässergüte.....	89
5.7.	Seetypenlehre.....	92
6.	Zur Biologie und Taxonomie ausgewählter Arten.....	96
6.1.	<i>Micropsectra</i> KIEFFER.....	96
6.1.1.	Taxonomische Bemerkungen.....	96
6.1.2.	Abundanz und Verteilung.....	96
6.1.3.	Phänologie.....	97
6.1.4.	Biomasse und Produktion.....	98
6.2.	<i>Sergentia</i> (ZETTERSTEDT).....	99
6.2.1.	Taxonomische Bemerkungen.....	99
6.2.2.	Abundanz und Verteilung.....	100
6.2.3.	Phänologie.....	101
6.2.4.	Biomasse und Produktion.....	103
6.2.5.	Abberation des Mentums.....	103
6.3.	<i>Tanytarsus</i> v.d.WULP.....	104
6.3.1.	Taxonomische Bemerkungen.....	104
6.3.2.	Abundanz und Verteilung.....	104
6.3.3.	Phänologie.....	105
6.3.4.	Biomasse und Produktion.....	106
6.4.	<i>Protanypus</i> KIEFFER.....	106
6.5.	<i>Corynocera ambigua</i> ZETTERSTEDT.....	108
7.	Zusammenfassung.....	109
8.	Danksagung.....	111
9.	Literatur.....	113
10.	Anhang.....	127

ABKÜRZUNGEN

BERNR = Transekt Bernried - Ambach

GHSN = Transekt Garatshausen - Seeburg

ZSM = Zoologische Staatssammlung München

EINLEITUNG

Die Kenntnis der benthalen Invertebratenfauna unserer Seen ist im Vergleich zu skandinavischen und nordamerikanischen Gewässern sehr gering. Dies gilt besonders für die Voralpenseen, in denen abgesehen von einigen sporadischen Probeentnahmen (LUNDBECK 1936, PAGAST 1940), nie länger dauernde, kontinuierliche Benthosuntersuchungen durchgeführt wurden.

Hinsichtlich der Chironomidenfauna liegen quantitative Angaben (anhand von Fangtrichter-Untersuchungen) lediglich über den Bodensee (REISS 1968) und den Zürichsee (SCHURCH 1985; allerdings nur bis 40 m Tiefe) vor.

Die Bodenfauna ist ein wichtiges Glied im biozönotischen Gefüge und Stoffkreislauf eines Sees. Sie reagiert mit den biologischen und chemischen Komponenten des Wasserkörpers, indem Detritus verarbeitet, anorganische Nährstoffe zurückgeführt und das Sediment durchmischt wird. Außerdem bilden die Organismen des Benthals eine bedeutende Nahrungsquelle für viele wirbellose Carnivore und für Fische.

Das Benthos, besonders die Chironomiden, ist ein guter Indikator für die Wasserqualität eines Gewässers, da es auf Veränderungen der darüberliegenden Wassermassen sehr sensibel reagiert. Vor allem die Chironomidenfauna der tieferen Regionen eines Sees sollte unter diesem Gesichtspunkt betrachtet werden, da Unterschiede in den flachen Teilen verschiedener Seetypen nicht so offensichtlich sind (WIEDERHOLM 1973).

Die vorliegende Arbeit ist die erste, über einen längeren Zeitraum sich erstreckende, quantitative Untersuchung der profundalen Benthosfauna eines nördlichen oder südlichen Voralpensees, wobei besonders die Chironomiden berücksichtigt werden.

Ihr Ziel ist, eine Vorstellung der qualitativen und quantitativen

Zusammensetzung der Chironomidenfauna im Profundal des Starnberger Sees, der Phänologie der häufigsten Arten, ihrer Biomasse und Produktion sowie ihrer Bedeutung als Indikatororganismen und als Nahrungsquelle für die Renken zu erhalten. Ergänzend werden in einer Artenliste bisher nachgewiesene Litoralarten aufgeführt; die wesentliche Untersuchung beschränkte sich aber auf das Profundal!

Erstmalig für einen Voralpensee werden auch saisonale quantitative und bathymetrische Angaben über die Parasitierung der Larven mit Mermithiden gegeben.

Quantitative Untersuchungen der bathymetrischen Verteilung von Planarien, Oligochaeten, Ceratopogonidenlarven und großen Mermithiden und das Verhältnis von Oligochaeten zu Chironomiden sollen einen ersten Überblick der Begleitfauna geben.

Insgesamt führen die Untersuchungen der Tiefenfauna des Starnberger Sees zu einem besseren Verständnis der ökologischen Verhältnisse in einem Voralpensee.

2. BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGS- GEBIETES

2.1. Allgemeine Angaben über den Starnberger See

Der Starnberger See ist ein Zungenbeckensee des weitausgreifenden Isar-Loisach-Gletschers. Eine mögliche Erklärung für die Gestaltung des Starnberger Sees ist, daß die Eiserosion das übertiefte Seetrogtal ausgeräumt und die Gletschersterne mit ihrem Geschiebeinhalt die Abriegelung hergestellt hat. Am Durchbruch durch den äußersten Endmoränenkranz hat sich die Würm durch verfestigte Hochterassenschotter bis ins Tertiär eingekerbt und damit den See postglazial um mindestens 10 m abgesenkt (entnommen: GRIMMINGER 1982). Eine endgültige Klärung der erdgeschichtlichen Entstehung des Starnberger Sees steht noch aus.

Aufgrund der Entstehungsgeschichte liegt der Seespiegel somit rund 50 m höher als Ammer und Ammersee und ca. 15 m höher als Loisach und Isar. Der Starnberger See ist also von einer direkten Wasserzufuhr aus den Alpen abgesperrt, die Schneeschmelze im Gebirge hat auf den See keinen Einfluß. Das Wassereinzugsgebiet ist auf die nächste Umgebung beschränkt, dementsprechend lang ist die theoretische Wassererneuerungszeit von 16 bis 21 Jahren. Volumenmäßig ($3 \times 10^6 \text{ m}^3$) ist der Starnberger See der größte See Bayerns, flächenmäßig (56.4 km^2) steht er nach dem Chiemsee an zweiter Stelle. Der See ist 20 km lang, die maximale Breite (südlich Tutzing) beträgt 4.7 km und mit einer maximalen Tiefe von 127 m (mittlere Tiefe 54 m) ist er nach dem Bodensee der tiefste nördliche Voralpensee.

Die erste umfangreiche Monographie, die die geologischen, hydrographischen und physikalischen Verhältnisse des Starnberger Sees beschreibt,

stammt von ULE (1901). AMMANN (1912) untersuchte physikalische Eigenschaften und Phyto- bzw. Zooplanktonzusammensetzung im Vergleich zum Staffel- und Weßlinger See. Erste Eutrophierungserscheinungen stellte WACHTER (1959) fest. Er bemerkt auch, daß die Totalzirkulation im Frühjahr nicht immer bis in die größte Seetiefe hinunterreicht. Weitere Ergebnisse bringt die Arbeit von NÄHER (1963) über die Radioaktivität im Wasser und im Plankton, die fischereibiologischen Aspekte von KÖLBING (1974), die erste Vegetationsuntersuchung von BRAND (1896) und die neueren Arbeiten zur Bestandsituation der Makrophyten von MELZER & HERMANN (1980) sowie MELZER (1981). Die letzte umfangreiche (284 Seiten) Arbeit wurde vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft (LENHART & STEINBERG 1982) herausgegeben und beinhaltet eine zweijährige Untersuchung von Seechemismus und Phytoplankton nach Fertigstellung der Ringkanalisation (1976).

Als erste Untersuchung der Chironomidenfauna ist die Arbeit LUNDBECKS (1936) zu verzeichnen; er vergleicht die Bodenbesiedelung von 43 (!) Seen des Alpenrandgebietes. Während er noch *Tanytarsus*, *Micropsectra* und *Lauterbornia* als Gruppe ("*Tanytarsus*") behandelt, findet man bei PAGAST (1940) für den Starnberger See genaue Tiefenangaben und Individuenzahlen dieser Gattungen. NÄHER (1963), der als letzter die Familie *Chironomidae* erwähnt, fand erstaunlicherweise im tiefen Profundal keine Makroorganismen (Tubificiden und Chironomiden).

2.2. Probestellen

Da im Rahmen dieser Arbeit nicht der gesamte See mit der gleichen Intensität besammelt werden konnte, wurden die Probestellen auf zwei Transekte in ungefährer West-Ost-Achse beschränkt (Abb. 1).

Das erste, nördlicher gelegene Transekt erstreckte sich von GARATSHAUSEN (Beginn in 20 m) in Richtung Seeburg; sein Endpunkt wurde von

einer Boje markiert, die in 120 m Tiefe verankert war.

Für das zweite Transekt wurde der flachere südliche Teil des Sees gewählt, da dieser in den Frühjahrsmonaten aufgrund des höheren Wärmeinhaltes deutlich produktiver ist als der übrige See (STEINBERG et al. 1981). Die tiefste Stelle dieses Transektes in Richtung BERNRIED - Ambach endete bereits bei 70 m. Hier konnte aufgrund des härteren Substrates (Sand, Steine, Holzstücke) erst in 30 m Tiefe begonnen werden. Das Auffinden der einzelnen Probestellen (in Zehnmeterschritten bis 80 m, dann 100 m und 120 m) erfolgte durch Anpeilung von Landmarken und mit Hilfe eines Echosounders. Eine zusätzliche Kontrolle der jeweiligen Tiefe war über das Meter-Zählrad der Winde möglich.

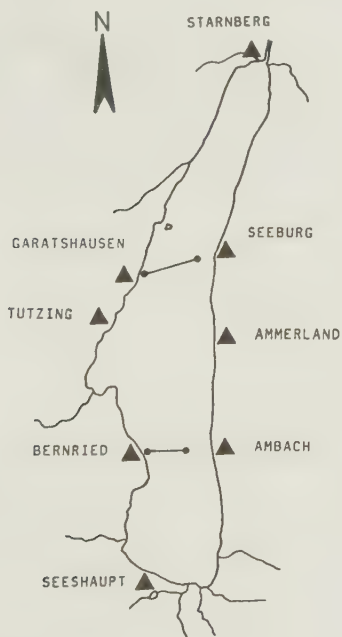


Abb. 1: Lage der Probestellen

Jeweils am tiefsten Punkt eines Transektes erfolgte die Messung eines Temperatur- und Sauerstoffprofils sowie die Entnahme von Wasserproben der Oberfläche und des Seegrundes. An den einzelnen Probestellen wurden in der Wasserschicht über dem Schlamm Temperatur und Sauerstoff gemessen und wiederum Wasserproben für die pH-Messung genommen.

Die regelmäßige Entnahme der Boden- und Wasserproben sowie die Messung der Parameter Temperatur, Sauerstoff und pH fand vom 15.10.1980 bis 12.3.1982 in 3-4-wöchigem Abstand statt. Einige unregelmäßige Proben-serien wurden schon ab April 1980 genommen. Keine Probeentnahme war im Januar und Dezember 1981 sowie im Januar 1982 möglich. Die Probeentnahme in 20 m (GARATSHAUSEN) begann am 3.8.1982 und wurde bis zum 23.9.1983 zu den möglichst gleichen Terminen wie 1981 durchgeführt.

Da an vielen Stellen der Transekte das Bodenprofil des Starnberger Sees stark gegliedert ist (Abb. 2) und eine geringe Abdrift des Bootes in großen Tiefenunterschieden beim Eintreffen des Greifers resultierte, sind die Feldarbeiten nur bei Windstille ausgeführt worden.

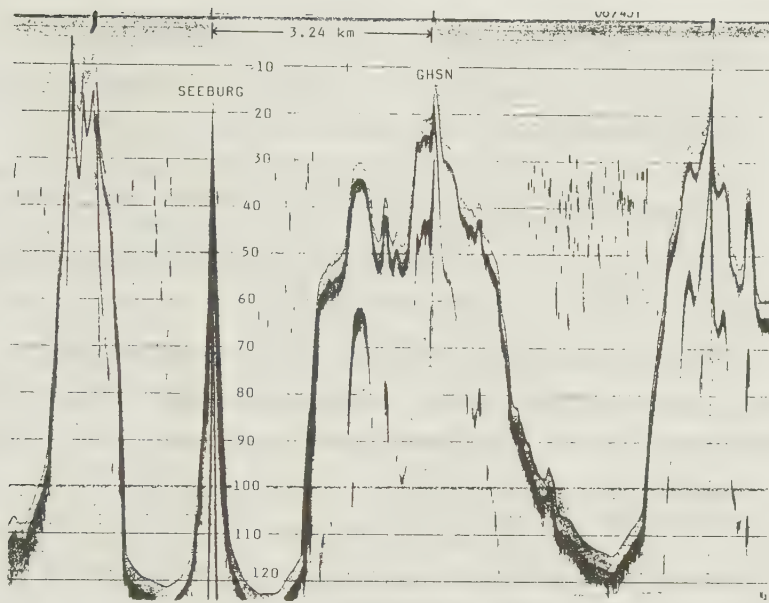


Abb. 2: Bodenprofil Seeburg - Garatshausen

3. MATERIAL UND METHODEN

3.1. Abiotische Faktoren

Zur Messung der abiotischen Faktoren wurden folgende Geräte verwendet:

Sichttiefe	- Secchi/Scheibe ($\emptyset$ 25 cm)
Temperatur	- Whitney Underwater Thermistor TC-5
Sauerstoff (Profil)	- Oxi 57 (WTW)
pH	- pH 57 (WTW)

Die Temperatur-Messung in der Wasserschicht über Grund erfolgte mit dem eingebauten Thermometer des Standard-Ruttnerschöpfers (Fa. Hydro-Bios, 2 l).

3.2. Biotische Faktoren

3.2.1. Entnahme quantitativer Benthosproben

Zur Entnahme der quantitativen Benthosproben wurde ein leicht veränderter EKMAN-BIRGE-Greifer (Fläche 15x15 cm; Umrechnungsfaktor pro m²: 44.44) verwendet. Dieser wurde mit Bleiplatten beschwert und oben mit einem feinmaschigen Messinggitter (200 μ m Maschenweite) versehen, um ein eventuelles Herausdrücken der obersten Sedimentschicht bei zu tiefem Einsinken zu verhindern. Pro Probenstelle wurden je drei Parallelproben entnommen. Das Herablassen des Greifers erfolgte per Hand und sehr langsam, um ein Aufwirbeln oder Wegblasen der obersten Sedimentschicht möglichst zu vermeiden. Die meisten Benthosorganismen finden sich ja in den obersten 5 - 6 cm (MILBRINK 1973). Nach dem Schließen des Greifers per Fallgewicht wurde dieser mit einer selbstkonstruierten elektrischen Motorwinde nach oben befördert.

3.2.2. Aufarbeitung der Bodenproben

Die so erhaltenen Bodenproben wurden an der Entnahmestelle in einem Netz mit 220 μ m Maschenweite ausgewaschen. Die verbleibenden Schlammrückstände wurden im frischen Zustand im Labor mit Zuckerlösung (spez. Gewicht: 1.12; ca. 300 g Zucker/l H_2O) in einer nach LIND (1979) modifizierten Weise aufgeschwämmt: Die Schlammproben sind jeweils mit einer Schichthöhe von ca. 1 cm auf entsprechend viele Bechergläser verteilt, mit Zuckerwasser übergossen (Schichthöhe 7-10 mal so groß; SCHWOERBEL 1980) und in 3-4 Rührvorgängen kräftig umgerührt worden. Die nach dem Prinzip der Methode der dichteren Medien nun an der Oberfläche schwimmenden Organismen konnten so nach jedem Rührvorgang abgesammelt werden. Die Ausbeute lag hierbei für Chironomiden und Planarien bei ca. 95 %. Ausführliche Diskussion der Zuckeraufschwämmung findet sich bei ANDERSON (1959) und KAJAK et al. (1968).

Die aufgeschwämmten Organismen wurden kurz in Leitungswasser gespült und in 70 %igem Alkohol konserviert. Die Zählung der Oligochaeten und großen Mermithiden für die Gesamt-Benthoserhebung (Februar und August 1982) erfolgte unter der Stereolupe. Hierzu wurde ein Teil der Proben mit Bengalrosa gefärbt (Methode bei MASON & YEVICH 1967).

3.2.3. Bemerkungen über die Wahl der Methodik bei Benthosuntersuchungen

Nach ELLIOTT (1977) lassen sich drei Grundtypen einer räumlichen Verteilung der Individuen einer Population aufstellen:

- 1) Gleichmäßige Verteilung
- 2) Zufällige Verteilung
- 3) Geklumpete Verteilung

Eine geklumpete Verteilung kann sehr verschiedene Verteilungsmuster haben und auch die drei Grundtypen selbst können überlappen. Die Wahl des richtigen Greifertyps (Grundflächengröße, Eindringtiefe, Schließe-

chanismus, generelle Handhabung) und die Anzahl von Parallelproben sind entscheidend, um über die tatsächliche Besiedelung des Benthals vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Mögliche Fehler resultieren einmal aus den rein technischen Funktionen wie Bodengreifer-Mechanismus, Auswaschen in Netzen, Auszählen und Wiegen, zum anderen in der statistischen Verteilung (ROTH & NEFF 1964). Die Häufigkeit von Individuen in verschiedenen Proben einer gleichen Probestelle kann z.T. um den Faktor 20 schwanken (KAJAK 1963 a). Autoren wie BERG (1938), DEEVEY (1941) und MUNDIE (1957), die eine zufällige (Poisson-) Verteilung der Bodentiere annahmen, plädierten für nur eine oder zwei Proben. Geht man von einer gehäuften (ungleichmäßigen) Verteilung aus, so wird eine größere Anzahl kleinerer Proben bevorzugt (LENZ 1951, 1955; TEBO 1955).

Die oben (3.2.1.) erwähnten drei Parallelproben sind ein Kompromiß zwischen einer Reihe verschiedenster Anforderungen wie statistische Genauigkeit, Zeitaufwand beim Sortieren und die Handhabung des schweren Greifers auf einem kleinen, wind- und wellenanfälligen Boot.

Für die Bearbeitung profundaler Sedimente bis 120 m Tiefe schien der Bodengreifer nach EKMAN-BIRGE am geeignetsten. Er erwies sich bei einem Vergleich mehrerer Greifer für Gesamt-Benthosuntersuchungen als das zweitbeste Gerät (FLANNAGAN 1970). Im Vergleich zu Cores, die von Tauchern genommen und gleich 100 % gesetzt wurden, liegt er für den Fang von Chironomidenlarven, die zu 85 % erfaßt werden, sogar an 1. Stelle.

Die Maschenweite des Netzes zum Auswaschen der Bodenproben lag mit 220 μ m unter den Durchschnittswerten in der Literatur (JONASSON 1955, NALEPA & ROBERTSON 1981 b), trotzdem können damit jüngere Larvenstadien nicht quantitativ erfaßt werden.

Für eine genaue quantitative Benthosuntersuchung ist ein ungewöhnlich hoher zeitlicher und apparativer Arbeitsaufwand erforderlich!

3.2.4. Vermessen und Wiegen der Chironomidenlarven

Für die Berechnung der Biomasse und der Produktion wurden zu verschiedenen Jahreszeiten von lebenden Larven Körperlänge und Gewicht bestimmt. Dazu wurden die Larven auf saugfähigem Papier kurz abgetupft (WIEDERHOLM & ERIKSSON 1977 a), in Staniolpapier eingepackt, um einen Gewichtsverlust zu vermeiden und auf ± 0.1 mg genau gewogen. Da nur wenige Arten in ausreichender Frequenz das ganze Jahr über in den Proben vorhanden waren, beschränkten sich die Messungen auf folgende Arten bzw. Artengruppen (Tab 1).

Von jeder konservierten Chironomidenlarve wurde die Länge unter der Stereolupe mit einem Okularmikrometer oder einfach auf Millimeterpapier bestimmt. Die Messung der Körperlänge zur Bestimmung der Biomasse gibt bessere Ergebnisse als die Messung der Kopfkapselbreite (SMOCK 1980). Insgesamt wurden ca. 20000 Larven aus etwa 1000 Greiferproben determiniert und vermessen.

Tab. 1: Längenklassen-Einteilung der häufigsten Arten

Art/Gruppe	Längenkasse 1	2	3	4	5 (in mm)
<i>Sergentia coracina</i>	0-8.0	8.1-10.0	10.1-12.0	12.1-14.0	>14.0
Tanytarsini = <i>Micropectra</i> spp. <i>Tanytarsus</i> spp.	0-5.0	5.1-7.0	7.1-9.0	>9.0	-

Das Alter bzw. die Zugehörigkeit zu einer Altersklasse wurde durch Messen der Kopfkapselbreite festgestellt.

3.2.5. Berechnung von Biomasse und Produktion

Die Berechnung von Biomasse und Produktion wurde auf *Micropectra*, *Sergentia* und *Tanytarsus* beschränkt, da nur von diesen Gattungen bzw.

Arten genügend Individuen vorlagen. Zur Errechnung der Längen-Gewichtsrelationen wurden folgende zwei Gleichungen angewendet (KOHMANN 1982):

$$1) W = be^{mL}$$

$$2) W = bL^m$$

Die Regressionsgeraden wurden berechnet nach:

$$\text{für 1) } \ln W = \ln b + mL$$

$$\text{für 2) } \ln W = \ln b + m \ln L$$

Dabei zeigte sich, daß für *Sergentia* die Gleichung 1), für die als Tanytarsini zusammengefaßten Gattungen *Micropsectra* und *Tanytarsus* die Gleichung 2) günstiger ist. Die Werte für b und m sowie die Korrelationskoeffizienten finden sich in Tab. 2.

Tab. 2: b- und m-Werte zur Berechnung der Regressionsgeraden der Längen-Gewichtsrelation. G = Gleichung, b = Schnittpunkt mit der y-Achse, m = Steigung, r = Korrelationskoeffizient.

	G	lnb	b	m	r
<i>Sergentia coracina</i>	1	-1.798	0.165	0.274	0.970
Tanytarsini	2	-3.220	0.040	1.860	0.998

Unter Produktion ist im folgenden der Biomassenzuwachs pro Zeiteinheit zu verstehen, wobei die Berechnung jeweils von Probetermin zu Probetermin erfolgte. Die Produktion wurde nach der Gleichung von WINBERG et al. (1971) berechnet:

$$P = 1/2 (N_t + N_0)(w_t - w_0)$$

P = Produktion, N_0 = Anzahl der Individuen zum Zeitpunkt 0, N_t = Anzahl der Individuen zum Zeitpunkt t, w_0 = durchschnittliches Individualgewicht von N_0 , w_t = durchschnittliches Individualgewicht von N_t .

Diese Formel enthält mehrere Vereinfachungen und Fehlermöglichkeiten. Die Produktion einer Population resultiert aus der Produktion der sie

bildenden Individuen. Deren Erfassung erweist sich insofern als schwierig, als die Zahl der Populationsglieder infolge Geburt und Tod, gegebenenfalls auch von Zu- und Abwanderung (in diesem Fall: Emergenz), einer ständigen Veränderung unterworfen ist.

Bei den meisten profundalen Chironomiden handelt es sich um pluriätile Populationen, d.h. mehrere Entwicklungsstadien oder Altersklassen kommen zum gleichen Zeitpunkt nebeneinander vor. Lassen sich diese Altersklassen gut voneinander unterscheiden, können sie als uniätile Populationsteile betrachtet werden (SCHWERTFEGGER 1975) und man kann für jede Altersklasse die Produktion ermitteln. Da aber über die Dauer der Entwicklungszyklen von *Micropsectra*, *Tanytarsus* und *Sergentia coracina* keine Aussagen gemacht werden können, muß davon ausgegangen werden, daß Individuen aus verschiedenen Generationen für die Berechnung zusammengefaßt wurden.

3.2.6. Proben der Oberflächendrift und Zucht

Um einen größeren faunistischen Überblick der Chironomidenbesiedelung des Starnberger Sees zu erhalten wurden zu verschiedenen Jahreszeiten (hauptsächlich im Frühjahr) Oberflächendriftproben genommen. Dies geschah einmal durch Ziehen eines Driftnetzes mit dem Boot über längere Strecken, zum anderen durch Absammeln der Schwemmsäume an entsprechenden Uferstellen. Die so gewonnenen Puppen, Puppenexuvien und Imagines eignen sich sehr gut zur Artbestimmung, welche bei den Larven in vielen Fällen heute noch nicht möglich ist.

Um die schwierige Larvenbestimmung besser absichern zu können, wurden von den meisten Probestellen Aufzuchten der Larven bis zur Imago versucht.

3.2.7. Artbestimmung und Präparation

Als sehr geeignete Bestimmungsliteratur für die Chironomidenlarven aus dem Profundal des Starnberger Sees erwies sich die Arbeit HOFMANNs (1971 b) über "Taxonomie und Palökologie subfossiler Chironomiden (Diptera) in Seesedimenten". Als Ergänzung wurde folgende Literatur verwendet:

BRYCE & HOBART (1972), CRANSTON (1982), FITTKAU (1962), HIRVENOJA (1973), LANGTON (1980, 1984), LENZ (1941 a, b), MASON (1973), MOLLER-PILLOT (1978), PINDER (1978), REISS & FITTKAU (1971), REISS & SÄWEDAL (1981), SAETHER (1975 d), SÄWEDAL (1976), SHILOVA (1966 b), WIEDERHOLM (1983), WILSON & MCGILL (1982) und WULKER (1956).

Die zur Artbestimmung vielfach notwendige Präparation erfolgte in Euparal, nach der von SCHLEE (1966) beschriebenen Methode.

Während bei den Larven von *Micropsectra* (*contracta* und *coracina*) und *Tanytarsus* (*bathophilus* und *lugens*) keine Artunterscheidung möglich war, konnten die Puppen dieser beiden Gattungen gut getrennt werden.

4. ERGEBNISSE

4.1. Darstellung und Diskussion der abiotischen Faktoren

Grundsätzlich wird bei der Darstellung der abiotischen Faktoren darauf hingewiesen, daß es sich einmal um Profilmessungen im Pelagial, zum anderen um Messungen in der Schlamm-Wasser-Kontaktzone der einzelnen Probestellen handelt.

4.1.1. Sichttiefe

Als Schätzmethode für die Abnahme der Lichtintensität im Wasser wird in der Limnologie allgemein mit der Secchi-Scheibe die Sichttiefe bestimmt. Die Secchi-Scheibe wird bis zum Ende ihrer Sichtbarkeit im See versenkt. Das Verschwinden der Umriss der Secchi-Scheibe ist bei etwa 1 % der Lichtintensität an der Oberfläche der Fall und kennzeichnet somit ganz grob die Kompensationsebene (SCHWOERBEL 1974, 1980).

Als Maß für die Lichtdurchlässigkeit des Wassers ändert sich die Sichttiefe im Jahresverlauf, z.B. in Abhängigkeit vom Planktongehalt der oberen Wasserschichten.

Um einer umfassenden Darstellung gerecht zu werden, wurde in das Diagramm der durchschnittlichen monatlichen Sichttiefen (Abb. 3), Daten vom Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (LENHART & STEINBERG 1982) der Jahre 1978 und 1979 integriert.

Maximale Sichttiefe wird Ende Februar mit 14 m erreicht, die geringste Sichttiefe herrscht Ende August (3 m). Eine jährliche Durchschnitts-Sichttiefe wurde mit 9 m berechnet. Im Vergleich hierzu liegen die Maximalwerte von Ammersee (1976) und Chiemsee (1975) bei 8 m, ein Maximalwert des oligotrophen Königssees liegt bei 18 m (1980; durchschnitt-

licher Maximalwert 1978-1980: ca. 15.5. m; alle Daten aus SIEBECK 1982).

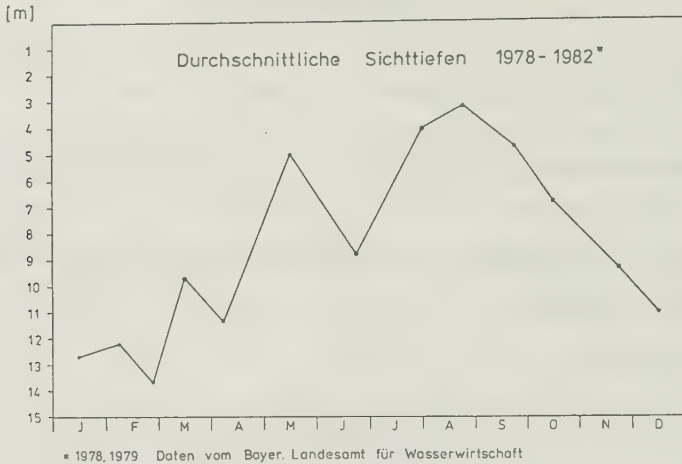


Abb. 3: Durchschnittliche Sichttiefe 1978 bis 1982

4.1.2. Temperatur

Der von Strahlungsangebot, geographischer Lage und Jahreszeit abhängige Wärmehaushalt des Wasserkörpers ist für das Ökosystem See von besonderer Bedeutung. Im großen und ganzen zeigen die Profilmessungen am Ende der beiden Transekte im Jahresverlauf keine Unterschiede. Lediglich im Frühjahr, in den Monaten April und Mai, wird im südlichen Seeteil (hier zwischen Bernried und Ambach) eine schnellere Erwärmung des Oberflächenwassers beobachtet (Abb. 4).

Dies gilt besonders für den Mai, wobei die Erwärmung vor Bernried noch in 50 m Tiefe einen Vorsprung von 0.4 °C gegenüber der entsprechenden Profilstelle Seeburg hat. Zwar liegt der Oberflächenwert vor Bernried im April 1981 (2.4.) um 0.5 °C niedriger als an der Boje Seeburg, hier muß aber berücksichtigt werden, daß am Tage der Messung vor Bernried 3/10 Bewölkung, Windstärke 1-2 und eine Lufttemperatur von 8.0 °C protokolliert wurden, während am darauffolgenden Tag an der Boje Seeburg Wind-

stille war und die Lufttemperatur 16.2 °C betrug. Schon in 1 m Tiefe beträgt der Temperaturgradient zwischen nördlichem und südlichem Seeteil 0.6 °C, eine Tendenz ist also klar zu sehen. Dieses Phänomen wurde schon während der in den Jahren 1978 und 1979 stattfindenden Untersuchungen des Starnberger Sees festgestellt und bedingt in den betreffenden Monaten eine höhere Bioproduktion in der Seeshaupter Bucht (LENHART & STEINBERG 1982).

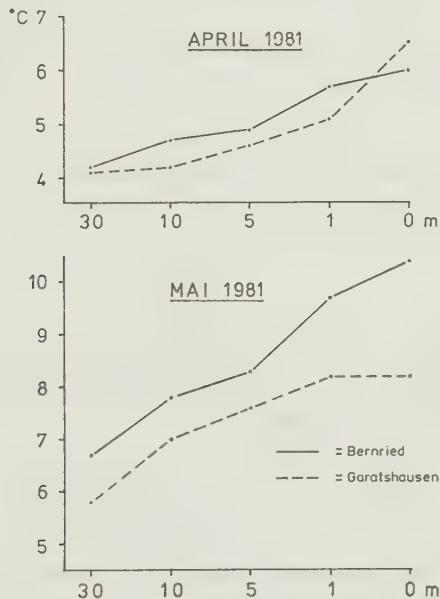


Abb. 4: Temperaturverlauf in 5 Tiefenstufen

In Abb. 5 ist für 9 verschiedene Tiefenstufen des Pelagials (Boje Seeburg) der monatliche Temperaturverlauf dargestellt. In allen Tiefenstufen herrschen im Dezember 1980 und im März 1981 einheitliche Temperaturen, der See ist von der Oberfläche bis zum Seegrund durchmischt (dies gilt natürlich auch für die in Abb. 6 aufgetragenen Meßwerte am Seegrund der einzelnen Probestellen). Die relativ großen jahreszeitlichen Tempe-

raturschwankungen sind auf die obere Schicht bis 30 m beschränkt; die Temperaturdifferenz (Maximum/Minimum) beträgt in der 10 m-Schicht 13.7 °C, in der 70 m-Schicht nur 1.5 °C. Eine deutliche Erwärmung erfolgte im Mai/Juni, eine starke Abkühlung im November.

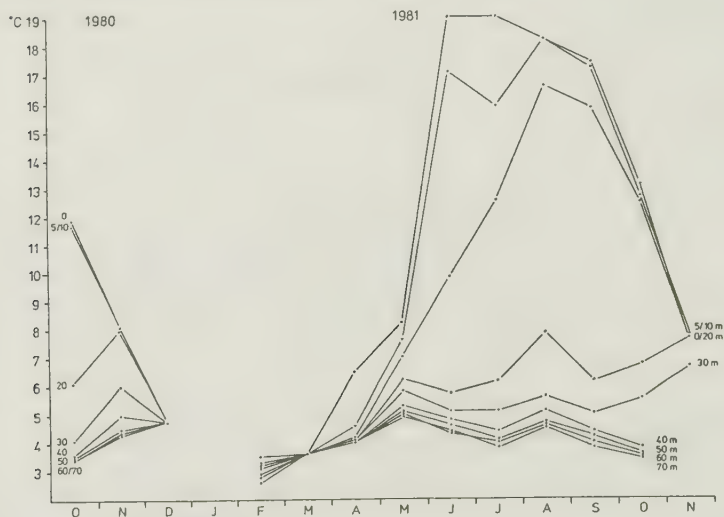


Abb. 5: Monatlicher Temperaturverlauf in 9 Tiefenstufen (Profilstelle Seeburg)

Die Temperaturen am Seegrund der einzelnen Probestellen sind sehr einheitlich, die Schwankungen im Jahresverlauf gering (Abb. 6). Eine weitere Darstellungsmöglichkeit des Jahres- und Tiefenverlaufs der Temperatur bietet die Isoplethenzeichnung (Abb. 7; ab 20 m wurde der Maßstab der Tiefenskala geändert!). Im Februar baut sich eine schwache inverse Schichtung auf, welche in kurzer Zeit wieder abgebaut wird. Die Frühjahrszirkulation ist Anfang April abgeschlossen und es etabliert sich langsam eine Sprungschicht. Ende August beginnt sich das Epilimnion

abzukühlen und aufgrund der beginnenden Herbstzirkulation sind im November die Grenzen zwischen Epi-, Meta- und Hypolimnion verwischt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Herbstzirkulation im Starnberger See im September beginnt und Mitte Dezember die Vollzirkulation erreicht ist. Die Zeit der Winterstagnation ist auf drei Monate beschränkt (erneute Homothermie Mitte März 1981). Maximale Oberflächentemperaturen herrschten im Juni und Juli (1981: 18.9 °C), die größte Ausprägung der Sprungschicht war Ende August (das Metalimnion erstreckte sich etwa von 8-40 m). Die Durchmischung während der Zirkulationsphasen erfolgte bis zum Grund, so daß der Starnberger See in den Untersuchungsjahren aufgrund seiner Thermik zum dimiktischen und holomiktischen Seetypus zu rechnen ist.

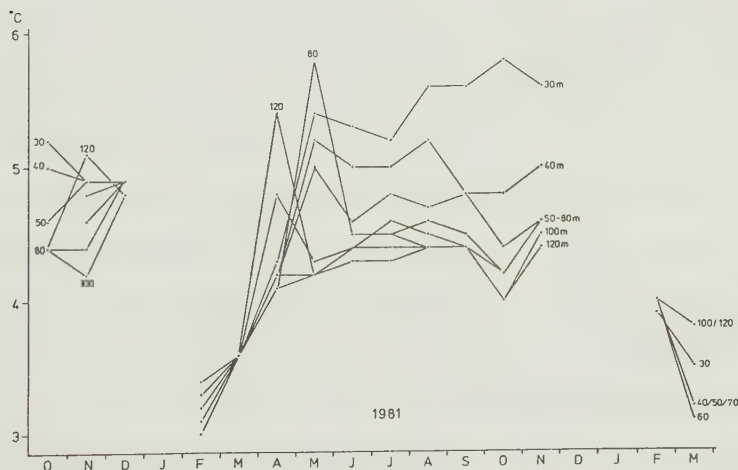


Abb. 6: Monatlicher Temperaturverlauf am Seegrund der einzelnen Probestellen (Transekt GARATSHAUSEN)

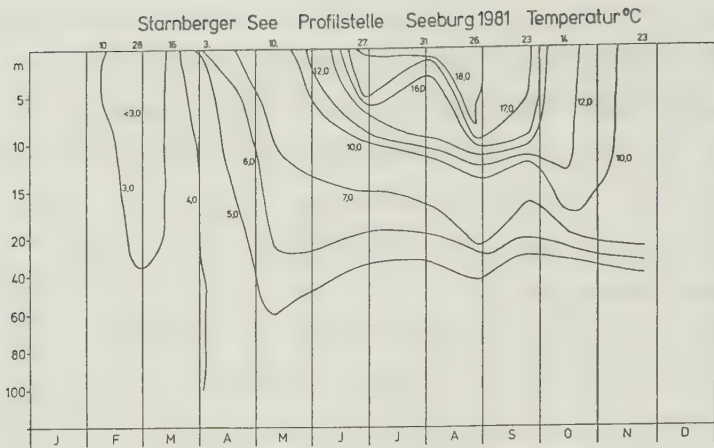


Abb. 7: Temperatur-Isoplethen

4.1.3. Sauerstoff

Ebenso wie die Temperatur ist der Sauerstoffhaushalt eines Sees von großer Bedeutung für die, diesen Lebensraum bewohnende Organismenwelt. Durch vertikale Wasserbewegungen gelangt sauerstoffreiches Wasser bei jeder Vollzirkulation eines holomiktischen Sees bis zum Grund. Während der thermischen Schichtung, besonders zur Zeit der Sommerstagnation, die ja durch eine vollständige Isolierung des Hypolimnions gekennzeichnet ist, macht sich der biogene Sauerstoffverbrauch hauptsächlich bemerkbar und es entstehen charakteristische Unterschiede im vertikalen Sauerstoffprofil.

4.1.3.1. Sauerstoff-Isoplethen

Zur Darstellung der jahreszeitlichen Entwicklung der Sauerstoffverhältnisse wurde wiederum die Form der Isoplethenzeichnung gewählt (Abb. 8, auch hier: Maßstabsänderung bei 20 m).

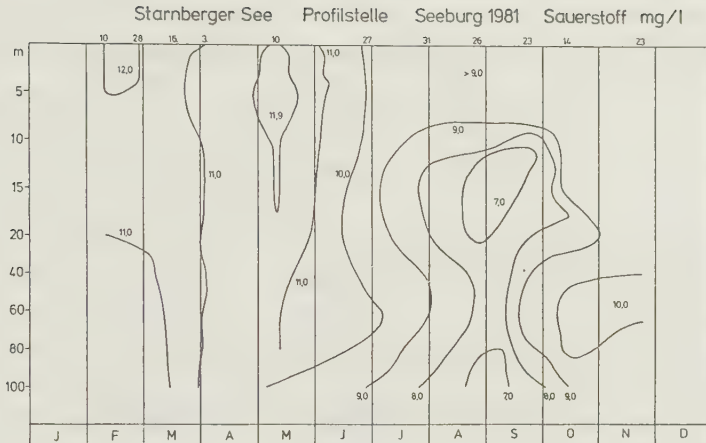


Abb. 8: Sauerstoff-Isoplethen

Höchste Sauerstoffwerte werden im Februar in den oberen 5 m erreicht (12 mg/l). Durch die Frühjahrszirkulation erfolgt eine Durchmischung bis zum Grund, während die Sommerstagnation durch eine ausgeprägte Sauerstoffschichtung mit Minimalwerten von weniger als 7 mg O₂/l zwischen 11 m und 21 m gekennzeichnet ist.

4.1.3.2. Vertikale Sauerstoffverteilung während Stagnation und Zirkulation

In vier Diagrammen wird in Abb. 9 der Verlauf der Sauerstoffkurven während der Stagnations- und Zirkulationsphasen dargestellt. Am 10.12.1980 befand sich der See in der Phase der Herbstzirkulation; die Sauerstoffwerte lagen bis etwa 30 m bei 8.6 mg O₂/l und nahmen bis 100 m auf 8.0 mg O₂/l ab. Zur Phase der Winterstagnation (10.2.1981) wurden mit 12.1 mg O₂/l an der Oberfläche die höchsten Sauerstoffwerte während

des gesamten Untersuchungszeitraumes gemessen; die Sättigung betrug 96,5 %.

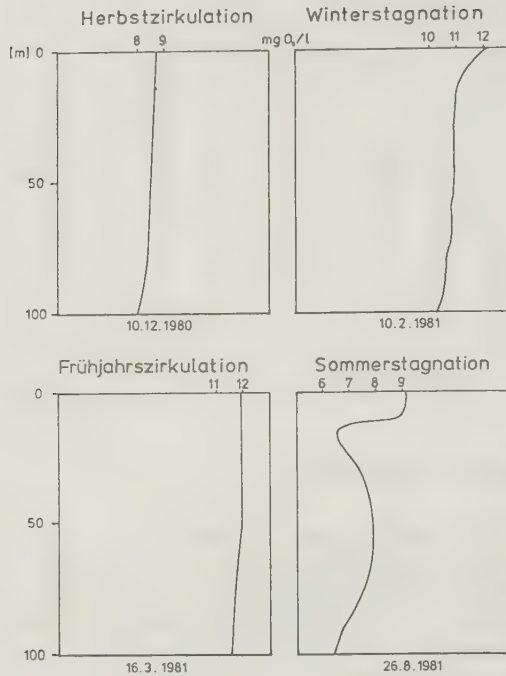


Abb. 9: Jahreszeitlicher Verlauf der Sauerstoffkurven (Profilstelle Seeburg)

Die sehr kurze Phase der Winterstagnation wurde im März 1981 durch die Frühjahrzirkulation beendet: Bis 50 m wurden Werte von 11,9 mg O₂/l gemessen, die kontinuierlich auf 11,5 mg O₂/l in 100 m abnahmen. Typisch für den Starnberger See ist der Kurvenverlauf im Stadium fortgeschrittener Sommerstagnation (WACHTER 1959, KÖLBING 1974, LENHART & STEINBERG 1982): Am 26.8.1981 erstreckte sich das Epilimnion bis 8 m (9,1 mg O₂/l = 103 % Sättigung), das sich anschließende Metalimnion bis etwa 20 m. Dieses Sauerstoffprofil entspricht einer negativ heterograden Kurve mit

metalimnischem Sauerstoff-Minimum (6.4 mg O₂/l in 15 m Tiefe). Ab 15 m nahmen die Sauerstoffwerte wieder leicht zu (65 % Sättigung in 50 m) um ihr Minimum von 6.4 mg O₂/l in 100 m zu erreichen. Ein stärkerer Sauerstoffabfall ist aber noch bis 120 m Tiefe zu erwarten.

4.1.3.3. Sauerstoffverhältnisse am Seegrund

Für die den Seeboden besiedelnde Lebensgemeinschaft (Benthos) sind neben dem Nährstoffangebot die Sauerstoffbedingungen ihres Lebensmilieus von besonderer Bedeutung. Die Sauerstoffwerte von der Wasserschicht über dem Schlamm geben natürlich nicht exakt die tatsächliche Situation der Sauerstoffbedingungen für die Organismen in der obersten Schlammschicht wieder, bieten aber doch Anhaltspunkte (THUT 1969). In Abb. 10 sind die Sauerstoffverhältnisse am Seegrund im Jahresverlauf dargestellt.

Wie zu erwarten, finden sich höchste Sauerstoffwerte (max. 12.5 mg O₂/l) während der Zirkulationsphase im März. Im weiteren Jahresverlauf erfolgt, mit zunehmender Ausprägung der sommerlichen Schichtung, ein kontinuierlicher Abfall, wobei im August die niedrigsten Sauerstoffwerte (min. 6.8 mg O₂/l) erreicht werden. Lediglich in 100 m Tiefe wird mit 6.0 mg O₂/l (entsprechend 49 % Sättigung) im November ein noch tieferer Wert gemessen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Sauerstoffbedingungen für die Tierwelt im Seeboden relativ einheitlich sind und Sauerstoff zu keiner Jahreszeit als limitierender Faktor in Frage kommt. Eine Einschränkung ist allerdings für die tiefste Stelle (127 m) zu machen, wo ein starker Sauerstoff-Abfall beobachtet wurde (LENHART & STEINBERG 1982).

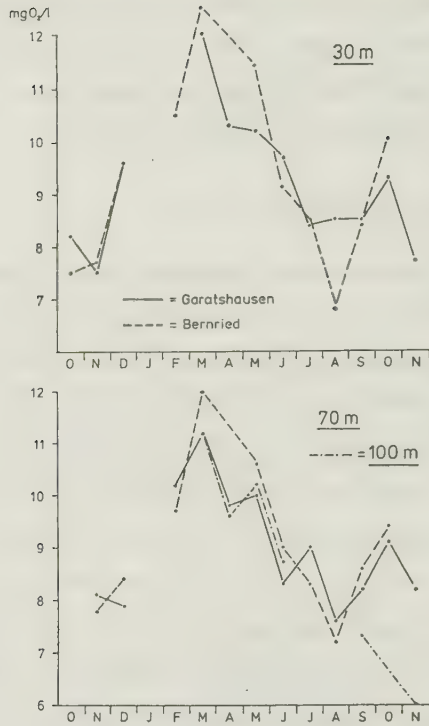


Abb. 10: Sauerstoff-Verhältnisse am Seegrund

4.1.4. pH-Wert

In der Kontaktzone zwischen Sediment und Wasser spielen Fällungs-, Lösungs- und Austauschvorgänge eine große Rolle. Unter bestimmten Bedingungen werden Stoffe entweder bevorzugt mobilisiert oder adsorbiert. So bestimmt der pH-Wert u.a. in welchem Verhältnis CO_2 , HCO_3^- und CO_3^{2-} im Wasser vorkommen.

Der pH-Wert in den sedimentnahen Wasserproben schwankt zwischen 7.1 und 8.1.

Die in Diagrammen geplotteten Auswertungen von Temperatur, Sauerstoff

und pH für die jeweiligen Untersuchungstermine finden sich bei GERSTMEIER (1983).

4.1.5. Sedimentbeschreibung

Die obersten 50 cm des profundalen Sediments bestehen aus einer 2-4 cm dicken, oxidierten, hellbraunen Oberschicht, einer durch Eisensulfid geschwärzten Schicht (mit leicht erhöhtem Gehalt an organischem Kohlenstoff; ca. 6.5 %) und zuunterst aus hellgrauen, spätglazialen Seetonen. Die für die Organismen relevante Oberschicht ist sehr feinkörnig (fast 60 % Silt, 40 % Ton), carbonatreich (mehr als 50 % Calcit) und besitzt einen relativ hohen Gehalt an organischem Kohlenstoff (> 4 %).

Allerdings ist das Sediment nicht im ganzen See einheitlich. Im Flachwasserbereich herrscht eine hohe Variation des Substrats durch Erosion, Turbidite und Rutschungen ins Profundal. Vielfach bestehen die hohen Kuppen (s. Abb. 2) aus blankem Glazialmaterial, welches von den kondensierten spätglazialen Seetonen nur hauchdünn überlagert ist. Die generell sehr niedrige, heutige Sedimentationsrate (< 0.2 mm/Jahr) ist an diesen Stellen extrem gering (MÜLLER & KLEINMANN 1986).

CHIRONOMINAE/Chironomini

Chironomus anthracinus ZETT.	L,PU,IM,Z	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+
Chironomus plumosus-Typ	PE												
Cryptochironomus ?denticulatus G.	PE												
Cryptochironomus obreptans (WALK.)	PE												
Cryptochironomus psittacinus (MG.)	PE												
Cryptochironomus supplicans (MG.)	PE												
Demicryptochironomus vulneratus (ZETT.)	L	+								-			
Microtendipes pulsus (WALK.)	L		+							+		+	+
Endochironomus albipennis (MG.)	L,PE					+					+	+	+
Microtendipes chloris K.	PE,IM												
Microtendipes pedellus (DE GEER)	PE,IM												
Microtendipes sp.	L	+								+			
Parachironomus sp.	L										+		
Paracladopelma campolabis K.	PE												
Paralauterborniella nigrohalteralis (MALL.)	Z												
Paratendipes sp.	L	+	+		+		+						+
Polypedilum nubeculosum-Typ	L,PE	+	+	+	+					+	+		+
Polypedilum pullum (ZETT.)	IM,Z												
Sergentia coracina (ZETT.)	L,PU,PE,IM,Z	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Stictochironomus sp.	L (Seeshaupt)												

CHIRONOMINAE/Tanytarsini

Cladotanytarsus atridorsum (K.)	IM												
Corynocera ambigua ZETT.	PE,IM												
Microsectra contracta REISS	PU,PE,IM,Z	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Microsectra coracina (K.)	PU,PE,IM,Z	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Neozavrelia sp.	PE												
Paratanytarsus dimorphus REISS	IM												
Tanytarsus bathophilus (K.)	PU,PE,IM,Z	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Tanytarsus brundini LINDEB.	PE												
Tanytarsus lugens (K.)	PU,PE,IM,Z	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Artenzahl innerhalb der Probestellen: 25

Artenzahl insgesamt: 49

L = Larve, PU = Puppe, PE = Puppenexuvie (Drift), IM = Imago, Z = Zucht

Von diesen 25 Arten ist die Gattung *Microsectra* mit den Arten *M. contracta* und *M. coracina* und die Gattung *Tanytarsus* mit den Arten *T. bathophilus* und *T. lugens* in den Benthosproben vertreten. Eine Artunterscheidung der Larven dieser beiden Gattungen war nicht möglich. Innerhalb der Gattung *Procladius* sind wenigstens zwei, wahrscheinlich sogar mehr Arten zu erwarten.

Die restlichen 24 Arten stammen aus Oberflächendriftproben sowie aus Zuchtmaterial, es resultieren somit insgesamt mindestens 49 Arten für den Starnberger See. Diese 49 nachgewiesenen Arten stellen vermutlich nur einen geringen Teil der im Starnberger See zu erwartenden Chironomidenfauna dar. Ist bei einer Art nur die Bestimmung Genus sp. angegeben, so lagen Larven oder Puppen bzw. Puppenexuvien vor, die nicht weiter bestimmbar waren.

Sergentia coracina, *Micropsectra* und *Tanytarsus* sind in allen Tiefenstufen vertreten. *Procladius* wurde erstaunlicherweise nicht in 80 m (GARATSHAUSEN) gefunden, dafür zweimal in 100 m und 5x in 120 m. *Chironomus anthracinus* kommt vor BERNRIED in allen Tiefen vor, während er vor GARATSHAUSEN nur 60 m Tiefe erreicht. Bei allen anderen Arten treten Lücken in der Verteilung, entweder vor GARATSHAUSEN oder vor BERNRIED auf.

4.2.2. Artenzahl im Vertikalprofil

Erwartungsgemäß ist von 20 m bis 120 m Tiefe ein Rückgang der Artenzahl zu verzeichnen (Abb. 11).

Dieser Rückgang erfolgt allerdings in beiden Transekten nicht stetig. Im Transekt GARATSHAUSEN nimmt die Artenzahl von 20 (in 20 m Tiefe) auf 12 (in 40 m Tiefe) mehr oder weniger kontinuierlich ab. In 50 m Tiefe wird eine Zunahme um 2 Arten erreicht, eine Verringerung um 7 Arten tritt bis 60 m Tiefe ein. Mit geringer Pendelung (Minimum von 5 Arten in 80 m) endet die Kurve bei 6 Arten in 120 m Tiefe. Ähnlich stellt sich der Artenrückgang im Transekt BERNRIED dar (Beginn der Probestellen bei 30 m), allerdings um 10 m in die Tiefe verschoben: Die maximale Artenzahl nimmt bis 50 m kontinuierlich ab (10 Arten), erreicht in 60 m den gleichen Wert wie in 30 m (16 Arten) und endet im 70 m-Bereich mit 7

Arten (GARATSHAUSEN: 8 Arten). In 30, 40 und 60 m sind vor BERNRIED also jeweils mehr Arten vorhanden als vor GARATSHAUSEN.

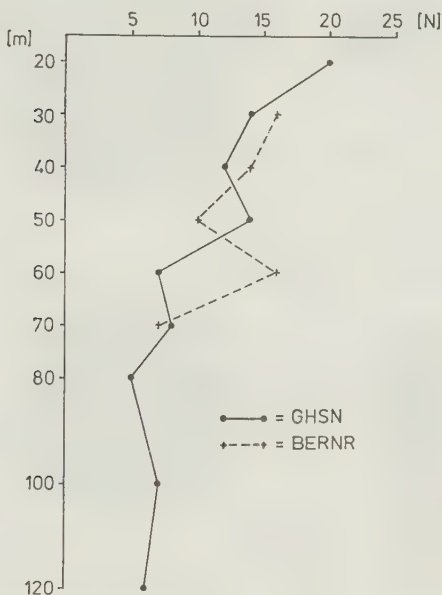


Abb. 11: Maximale Artenzahl im Vertikalprofil

Folgende Arten besiedeln die tiefsten Probestellen der beiden Transek-

te:

GHSN 120 m/BERNR 70 m

Micropsectra contracta
Micropsectra coracina
Tanytarsus bathophilus
Tanytarsus lugens
Sergentia coracina
Procladius sp.
Chironomus anthracinus (in GHSN nur bis 60 m)

4.2.3. Bathymetrische Verteilung

Die in den Abb. 12 und 13 dargestellte bathymetrische Verteilung der wichtigsten Chironomidenlarven im Profundal des Starnberger Sees basiert auf Mittelwerten des gesamten Untersuchungszeitraumes. Zu den einzelnen Terminen kann sich also eine davon grundsätzlich verschiedene vertikale Verteilung ergeben.

Als typische Bewohner des Profundals des Starnberger Sees - sowohl anhand der vertikalen Verteilung als auch aufgrund der Abundanzen - gelten die Larven der Gattung *Micropsectra* (Abb. 12). Die durchschnittlichen Individuenzahlen pro m^2 nehmen vor GARATSHAUSEN von 20 m (75 Ind./ m^2) bis 50 m (1080 Ind./ m^2) deutlich zu, bleiben bis 100 m relativ hoch (970 Ind./ m^2), um in 120 m Tiefe auf 94 Ind./ m^2 (also immer noch mehr als in 20 m) abzusinken. Vor BERNRIED wird das durchschnittliche Abundanzmaximum in 60 m Tiefe (959 Ind./ m^2) erreicht.

Daß diese typische profundale Verteilung für beide Arten der Gattung *Micropsectra* zutrifft, beweist die Darstellung der bathymetrischen Verteilung der *Micropsectra*-Puppen (im Gegensatz zu den Larven lassen sich die Puppen von *M. contracta* und *M. coracina* sehr leicht unter dem Stereomikroskop unterscheiden). Beide Arten haben ihre maximale Verbreitung im Profundal (GARATSHAUSEN und BERNRIED zusammengefaßt): *M. contracta* in 70 m (100 Ind./ m^2) und *M. coracina* in 40 m (45 Ind./ m^2 ; zu beachten ist die Änderung des Maßstabes!).

Alle anderen Arten (Abb. 13) haben ihre maximale Abundanz in 20 m bis 40 m bzw. im Litoral. Das Litoral war aber nicht Gegenstand dieser Untersuchung und wäre auch an den beiden Transekten mit dem herkömmlichen EKMAN-BIRGE-Bodengreifer nicht zu besammeln gewesen.

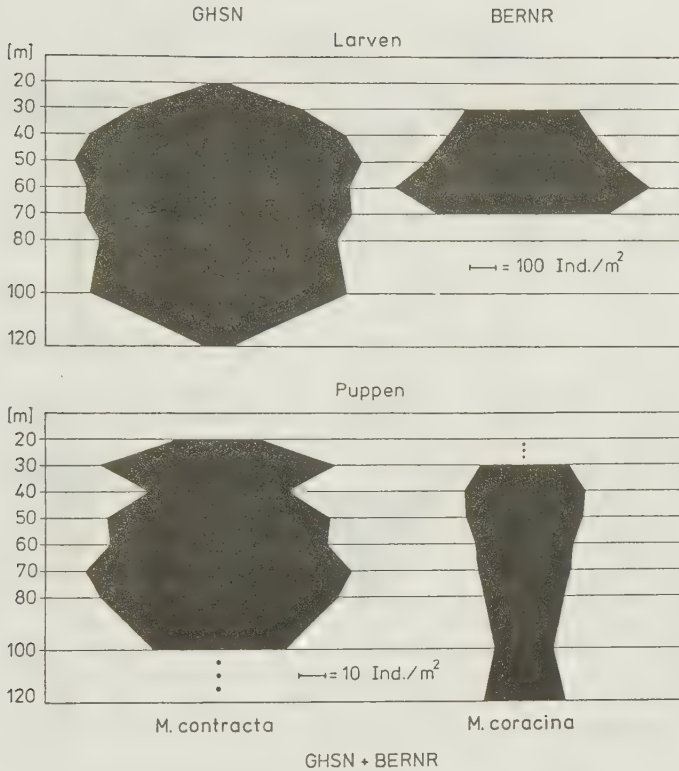


Abb. 12: Bathymetrische Verteilung von *Micropsectra*

Sehr deutlich ist die Dominanz der beiden *Micropsectra*-Arten gegenüber den anderen, im Profundal vorkommenden Chironomidenlarven. Betrachtet man die Durchschnittswerte der *Micropsectra*-Puppen als repräsentativ, so kann *Micropsectra contracta* als die zahlenmäßig dominante Chironomide im Profundal des Starnberger Sees bezeichnet werden.

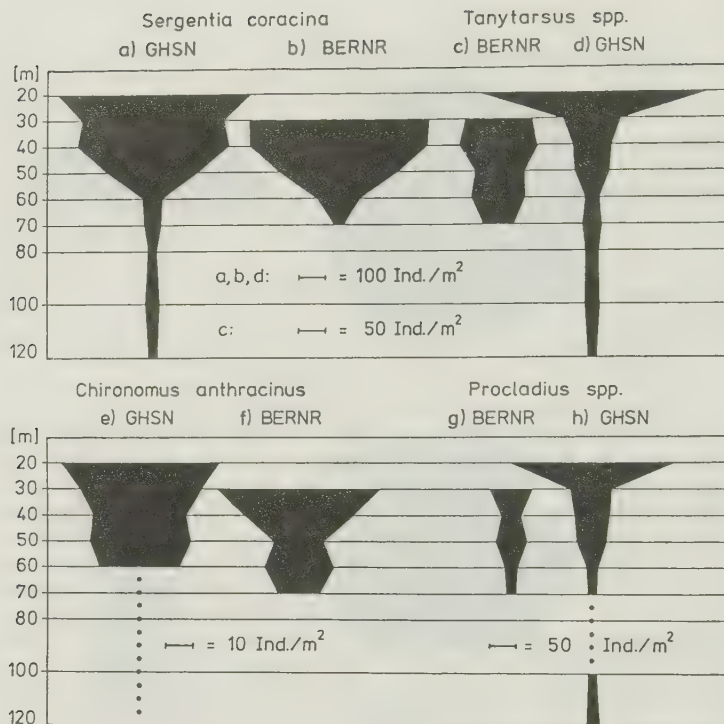


Abb. 13: Bathymetrische Verteilung von Chironomidenlarven

4.2.4. Mittlere Abundanzen der häufigsten Arten

4.2.4.1. Larven und Puppen (insgesamt)

In Abb. 14a und 14b sind die durchschnittlichen Individuenzahlen pro m² von sämtlichen Larven und Puppen während des gesamten Untersuchungszeitraumes für beide Transekte dargestellt, wobei jeweils alle Tiefenstufen (von 30-120 m) eines Termins zusammengefaßt sind. Der Kurvenverlauf ist in beiden Transekten sehr einheitlich. Das Abundanzmaximum bei

4.2.4.2. Saisonale Veränderung der mittleren Abundanz der häufigsten Chironomidenpuppen

Der saisonale Verlauf der Abundanzkurven der einzelnen Arten ist praktisch mit dem Gesamtverlauf aller Puppen in Abb. 14b identisch. Die Puppen von *Micropsectra contracta*, der zahlenmäßig dominanten Chironomide im Profundal des Starnberger Sees, zeigen jeweils ein klares Maximum im Oktober in beiden Jahren (Abb. 15a). 1981 finden sich einzelne Puppen bereits ab April, es folgt eine mäßige Zunahme bis Juli und ein rapider Anstieg von August bis September. Ab November (1981 schon nach dem Oktober-Termin) werden bis Februar 1981 bzw. März 1982 keine *M. contracta*-Puppen mehr gefunden.

M. coracina kommt in viel geringeren Abundanzen vor als *M. contracta*; sie hat auch jeweils im Oktober ihr Abundanzmaximum und nur im April 1981 finden sich noch 15 Puppen/m² vor BERNRIED.

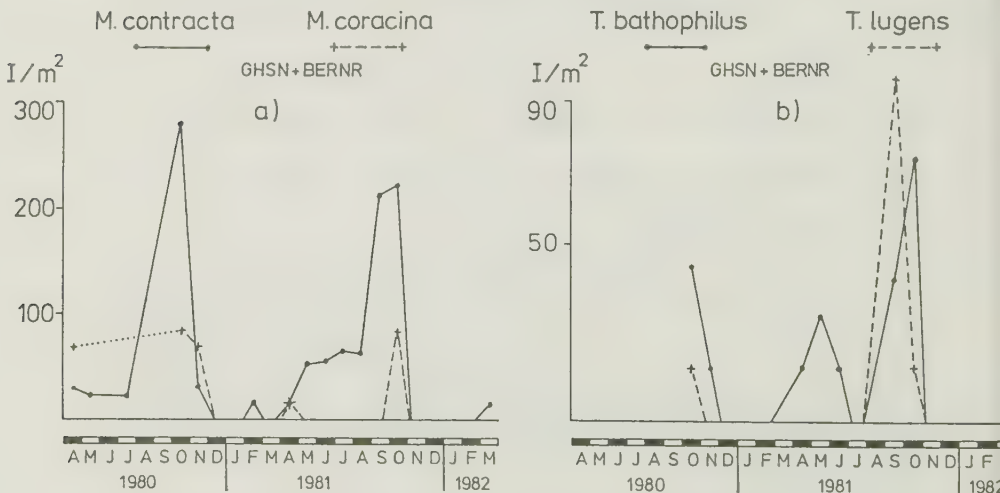


Abb. 15: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: a) *Micropsectra*-Puppen
b) *Tanytarsus*-Puppen

Während die Puppen von *Tanytarsus bathophilus* zwei Abundanzmaxima im Mai und im Oktober 1981 zeigen, liegt für *T. lugens* 1981 nur ein Maximalwert im September vor (Abb. 15b). Außer September und Oktober finden sich in der übrigen Jahreszeit keine *T. lugens*-Puppen.

Sergentia coracina besitzt eine den *Tanytarsus*-Puppen sehr ähnliche Entwicklungsrythmik (Abb. 16a): Die Höchstwerte werden im Herbst (Oktober 1980, September 1981) erreicht, ein isolierter Zwischenanstieg findet sich im Mai.

Die Puppenverteilung 1982 in 20 m bestätigt die für 1980 bis Anfang 1982 gefundenen Ergebnisse (Abb. 16b). *Tanytarsus bathophilus*-Puppen dominieren im Oktober, die Puppen von *T. lugens* werden ausschließlich im September gefunden. *Sergentia*-Puppen können zusätzlich zu den bisher beobachteten Terminen in 20 m Tiefe auch noch im März festgestellt werden und *Micropsectra contracta*-Puppen treten lediglich im Oktober auf.

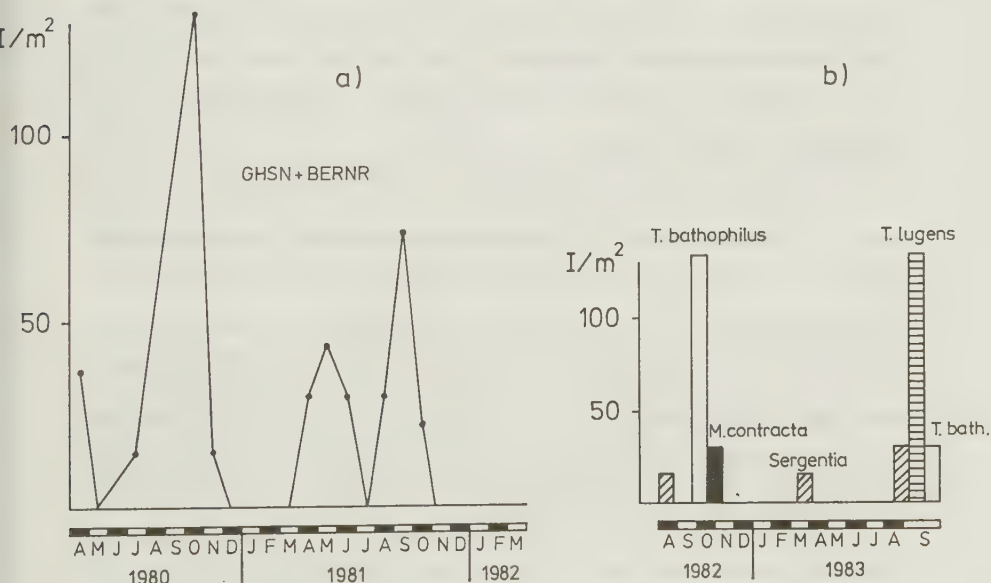


Abb. 16: Jahreszeitliche Abundanz: a) *Sergentia*-Puppen b) Puppen in 20 m

Die Daten der übrigen Puppen können Tab. 4 entnommen werden.

4.2.4.3. Saisonale Veränderung der mittleren Abundanz der häufigsten

Chironomidenlarven

Die Abundanzwerte der beiden *Micropsectra*-Larven zeigen einen sehr gleichmäßigen saisonalen Verlauf (Abb. 17a). Da in der ersten Hälfte des Jahres 1980 nur drei und Anfang 1982 nur zwei Untersuchungstermine vorliegen, wurden diese Ergebnisse als Histogramme, gegenüber den mehr oder weniger kontinuierlichen Daten von Oktober 1980 bis Oktober 1981, dargestellt.

Das Maximum an Individuen während des gesamten Untersuchungszeitraumes ist Ende Mai 1980 vor GARATSHAUSEN mit durchschnittlich 3369 Larven/m² zu vermerken. Die mittlere Abundanz sinkt zum Jahresende stark ab und erreicht im Februar (BERNRIED 11.2.1981) ihr Minimum (59 Larven/m²). Ab März streben die Individuenzahlen stetig einem erneuten Maximum Ende Juni zu und sinken dann in Etappen langsam bis zum Minimum Ende November. Die beiden ersten Termine 1982 sind durch einen sehr starken Individuenzuwachs gekennzeichnet.

Im Gegensatz hierzu ist der Kurvenverlauf für *Sergentia coracina* relativ starken Schwankungen unterworfen und zumindest vor GARATSHAUSEN nicht durch eindeutige Minima oder Maxima gekennzeichnet (Abb. 17b). Die höchste Abundanz wird im Februar 1982 vor BERNRIED mit 865 Larven/m² erreicht. Vor GARATSHAUSEN sind das ganze Jahr über die Abundanzzahlen mehr oder weniger gleich, während vor BERNRIED 1981 ab Mai ein Anstieg bis Ende September erfolgt und im Februar 1982 doppelt so viele Larven gefunden werden wie im Februar 1981.

Tab. 4: Individuenzahlen/m² der weniger häufigen Arten

	1980						1981										1982				
	Apr	Mai	Jul	Okt	Nov	Dez	Feb	Mär ¹	Mär ²	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Feb	Mär	Aug ³	20m ⁴
Heterotrissocladius							26	22				25	52	15	69	15		15	22	89	
Prodiamesa			15						15	15	15	22	15	15		22	15	15	15	35	
Ablabesmyia	15	33	30		15							22	15		15				15	15	
Protanypus		33	15				15	15	15			30	15					15	30	15	15
Paratendipes			18												15		15			15	15
Polypedilum	22	89	15		22		15				15	15	15	15	15	15		15	15	15	
Microtendipes				15																15	
Cricotopus sp.									15												
Dicrotendipes								15						15							
Endochironomus		30	15		15			15				15									
Parachironomus	15																				
Paracladius																			15		
Nanocladius																					*
Demicyptochironomus															15						
Cricotopus fuscus-gr.																					*
Chironomus-Puppen				15	15																
Protanypus-Puppen				30				15		15									15		
Prodiamesa-Puppen																					*
Heterotris.-Puppen			15											15							

¹ = Anfang März ² = Mitte März ³ = 20 bis 120m ⁴ = nur in 20m gefunden * = Einzelfund

Obere Zahl = GARATSHAUSEN Untere Zahl = BERNRIED

Der Kurvenverlauf der mittleren Abundanzen der beiden *Tanytarsus*-Larven ist nicht nur im Jahresverlauf sehr uneinheitlich, sondern differiert auch zwischen den beiden Transekten z.T. recht stark (Abb. 18a). Vor GARATSHAUSEN liegt der Maximalwert bei 237 Larven/m² Anfang November 1980. Von dort fällt die Kurve in mehreren Auf- und Abwärtsetappen bis zum Minimalwert Ende September (35 Larven/m²). Während für GARATSHAUSEN also im Prinzip eine eher fallende Tendenz von November 1980 bis Ende

September 1981 erkennbar ist, gilt für BERNRIED von Dezember 1980 bis Ende September 1981 die umgekehrte, also ansteigende Tendenz.

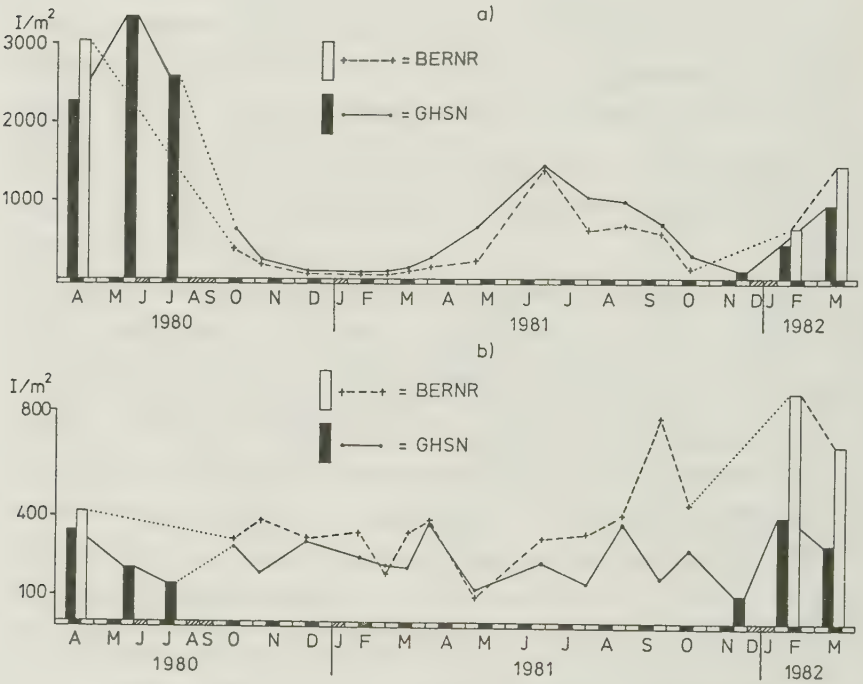


Abb. 17: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: a) *Micropsectra*
b) *Sergentia coracina*

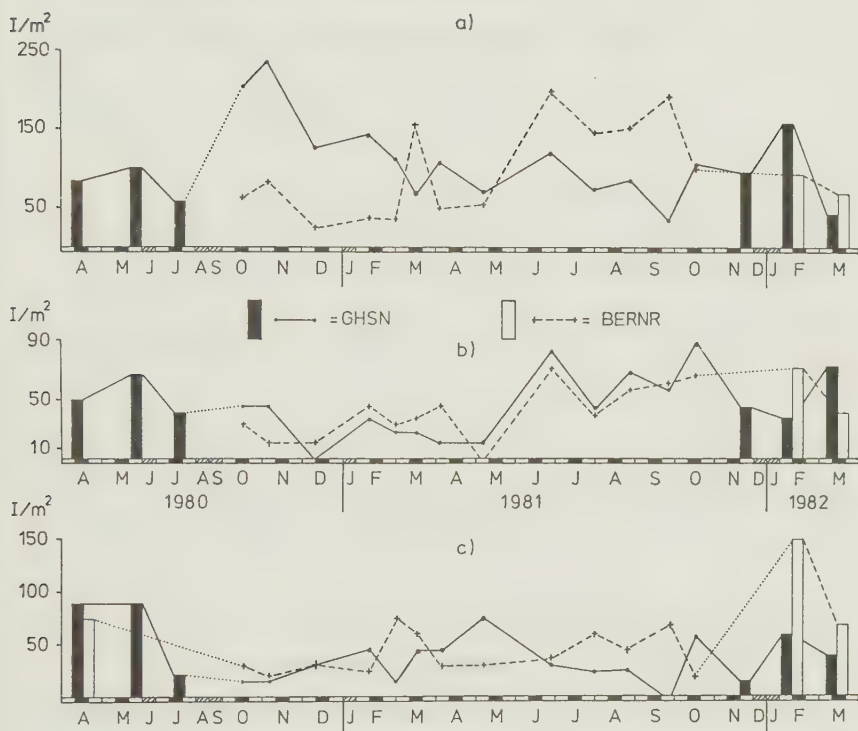


Abb. 18: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: a) *Tanytarsus* b) *Procladius* c) *Chironomus*

Die Abundanzwerte für *Procladius* stimmen in beiden Transekten recht gut überein (Abb. 18b). Eine relative Zunahme erfolgt ab Anfang Mai bis Oktober 1981 (vor GARATSHAUSEN wird im Oktober 1981 auch der Maximalwert von 89 Larven/ m^2 erreicht).

Der Kurvenverlauf der mittleren Abundanzen für *Chironomus anthracinus* erstreckt sich im wesentlichen zwischen 15 und 75 Larven/ m^2 (Abb. 18c). Nur zu Anfang der Jahre 1980 und 1982 werden höhere Werte erzielt (Maxi-

mum: 148 Larven/m² im Februar 1982 vor BERNRIED). Eine eindeutige Zunahme oder Abnahme der Abundanz im Jahresverlauf ist ansonsten nicht erkennbar.

In Tab. 4 sind die Daten der übrigen Arten aufgelistet.

4.2.4.4. Saisonale Abundanzen in einzelnen Tiefenstufen

Um feststellen zu können, ob in verschiedenen Tiefenstufen eventuell unterschiedliche saisonale Abundanzen vorliegen, wurden für die *Micropectra*-, *Sergentia*- und *Tanytarsus*-Larven die absoluten Abundanzen für einzelne Tiefenstufen im Jahresverlauf dargestellt (Abb. 19 - 21).

Abgesehen von 20 m und 100 m besitzen für *Micropectra* alle Kurven zwei deutliche Maximalbereiche in den Monaten April bis Juli sowie Juni bis August, wobei 1980 die absoluten Abundanzen höher liegen als 1981 (Abb. 19).

Ebensowenig wie bei der Darstellung der mittleren Abundanzen (Abb. 15b) von *Sergentia coracina* eindeutige Tendenzen im Jahresverlauf erkennbar waren, ist dies auch für den Kurvenverlauf der absoluten Abundanzen in den einzelnen Tiefenstufen zutreffend (Abb. 20). Lediglich in 20 m ist nach einem Maximalwert im Oktober ein steiler und relativ kontinuierlicher Abfall der Abundanzkurve zu verzeichnen; ab Mai steigt dann der Kurvenverlauf wieder bis September. Vor GARATSHAUSEN liegen die Kurvenmaxima für das Jahresende in den Monaten Oktober bis Dezember (1980), vor BERNRIED ausschließlich im September. Vor BERNRIED sind für Februar und März 1982 in 40-60 m weitere Maxima erkennbar. Vor GARATSHAUSEN wird in 100 m Tiefe das Abundanzmaximum sogar im Juni erreicht.

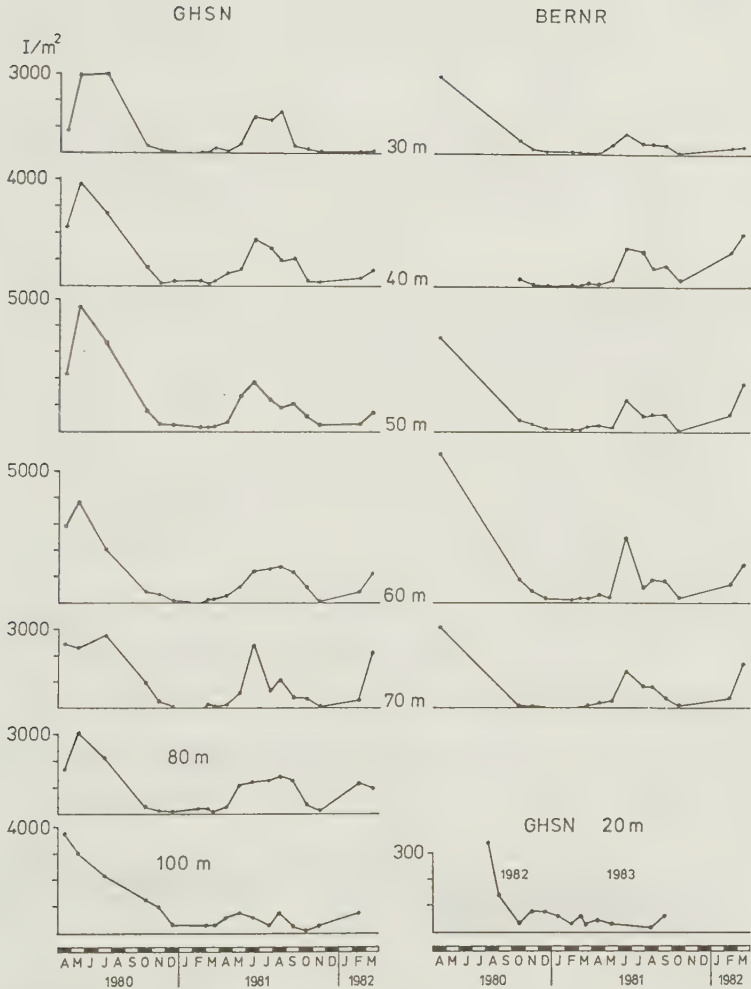


Abb. 19: Jahreszeitliche absolute Abundanz in einzelnen Tiefenstufen:
Micropsectra

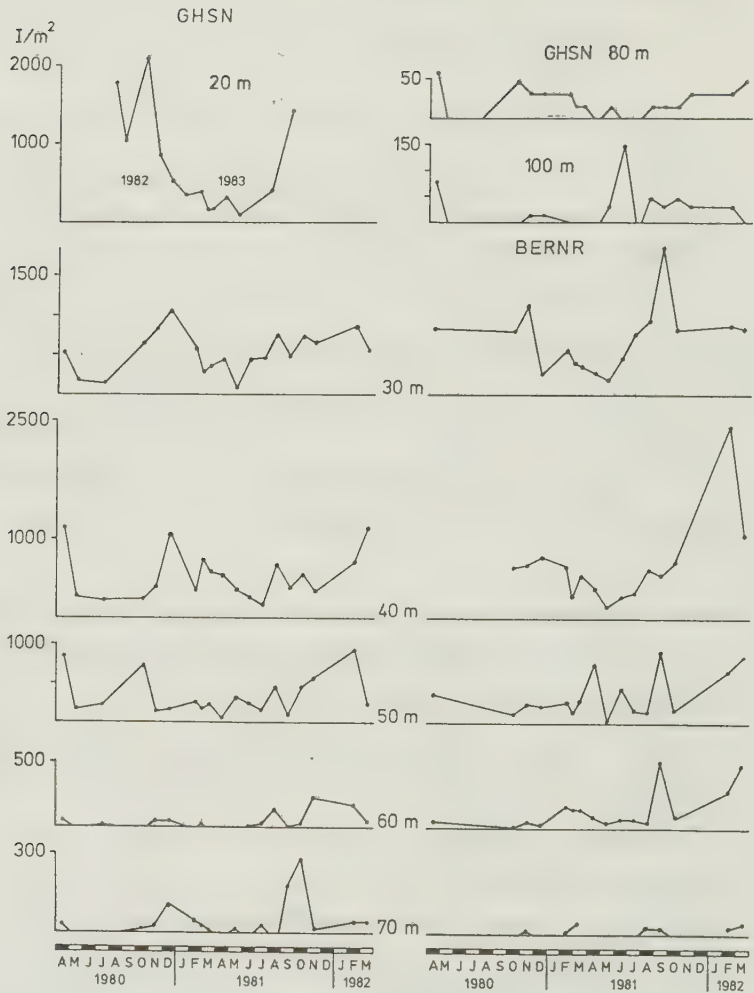


Abb. 20: Jahreszeitliche absolute Abundanz in einzelnen Tiefenstufen: *Sergentia coracina*

Auch bei *Tanytarsus* kann, ähnlich wie bei *Sergentia*, für 20 m ein mehr einheitlicher Kurvenverlauf festgestellt werden (Abb. 21). Der Kurven-

verlauf der 30- und 70 m-Punkte weicht von allen anderen Tiefenstellen vor GARATSHAUSEN ab: hier werden die Maximalwerte im November erreicht. Vor BERNRIED schwanken die Maxima von Februar bis September.

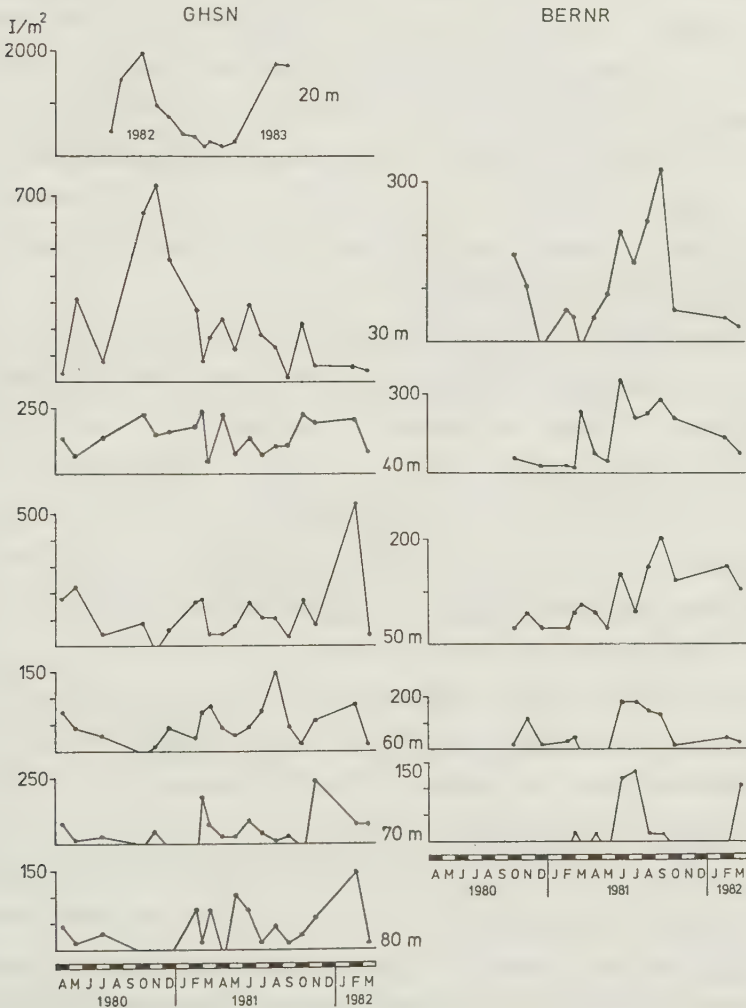


Abb. 21: Jahreszeitliche absolute Abundanz in einzelnen Tiefenstufen: *Tanytarsus*

4.2.5. Größentrennung der häufigsten Arten

Bei allen Chironomiden lassen sich vier Larvenstadien unterscheiden (EDWARDS 1925, FORD 1959, McCAULEY 1974), die am besten und am einfachsten anhand der Länge oder Breite ihrer Kopfkapseln unterschieden werden können. Die Messung der Körperlänge zur Altersbestimmung (KAJAK 1960, YAMAGISHI & FUKUHARA 1971) kann nur eine grobe Schätzung geben und sollte deshalb nicht verwendet werden (McCAULEY 1974). Allerdings ist die Längenmessung zur Berechnung von Biomasse und somit der Produktion unabdingbar. Außerdem lassen sich über die Körperlänge Rückschlüsse auf Wachstum und Entwicklungszyklen machen.

Innerhalb einer Art sind die einzelnen Larvenstadien deutlich voneinander getrennt (Abb. 22). Hier muß erwähnt werden, daß bei *Sergentia coracina*, *Chironomus anthracinus* und *Procladius* die I. und II., bei *Micropsectra* und *Tanytarsus* die I., II. und III. Larvenstadien mit dem 220 µm-Netz nicht quantitativ erfaßt wurden.

Gehen die Punktwolken ineinander über, wie dies bei *Micropsectra*, *Tanytarsus* und besonders *Procladius* (s. Anhang, Abb. 1-4) der Fall ist, sind zwei oder noch mehr Arten vorhanden.

Besonders bei *Sergentia coracina* (Abb. 22) erkennt man sehr gut die Variationsbreite der Körperlänge in den einzelnen Stadien. Diese Variationsbreite nimmt mit zunehmendem Alter der Larven zu und erreicht im IV. Stadium ihr Maximum (Körperlänge von ca. 7 bis 19 mm).

In den Abb. 23 und 24 ist die Verteilung der Larven für die einzelnen Larvenstadien im Jahresverlauf, getrennt nach beiden Transekten dargestellt. Zu allen untersuchten Terminen sind Larven der IV. Stadien vorhanden, die auch - bis auf wenige Ausnahmen - zahlenmäßig über die restlichen Stadien dominieren. Bei *Micropsectra* (Abb. 23) fällt die starke Abnahme der IV. Stadien im Februar/März 1982 im Vergleich zum

Vorjahr auf. Dafür erreichen die III. Stadien hier ihr Maximum. Zusätzlich sind im April weitere Abundanzanstiege der III. Stadien erkennbar. Die II. Stadien treten nur im Oktober 1980 und im Februar/März 1982 in nennenswerter Zahl auf.

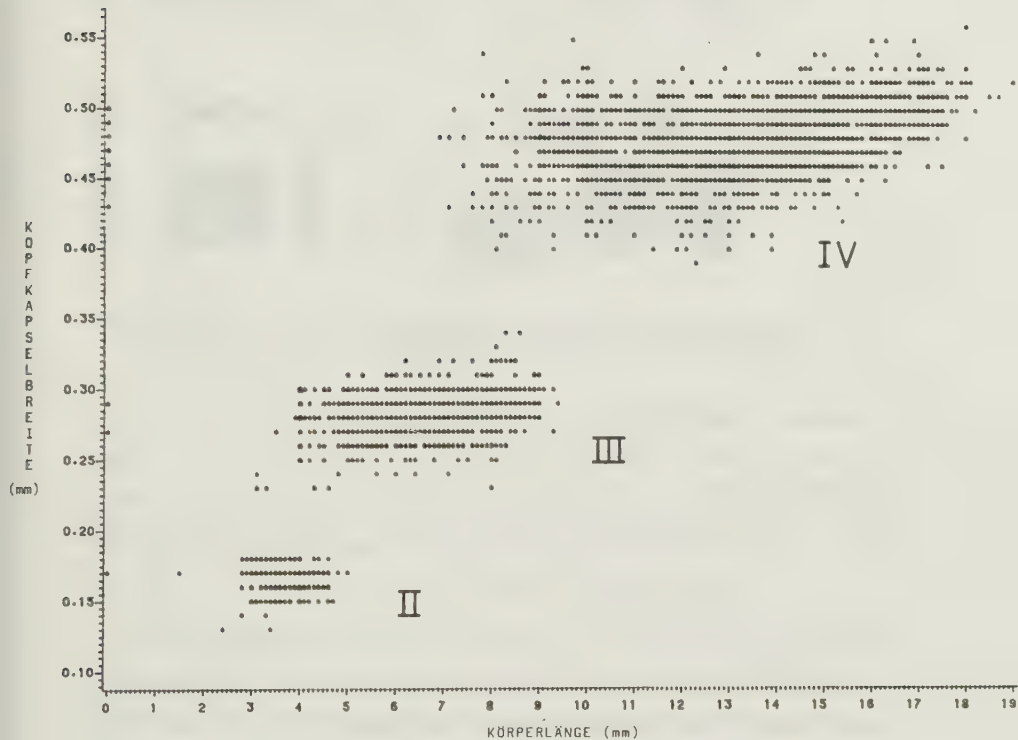


Abb. 22: Kopfkapselbreiten der II. bis IV. Larvenstadien von *Sergentia coracina*

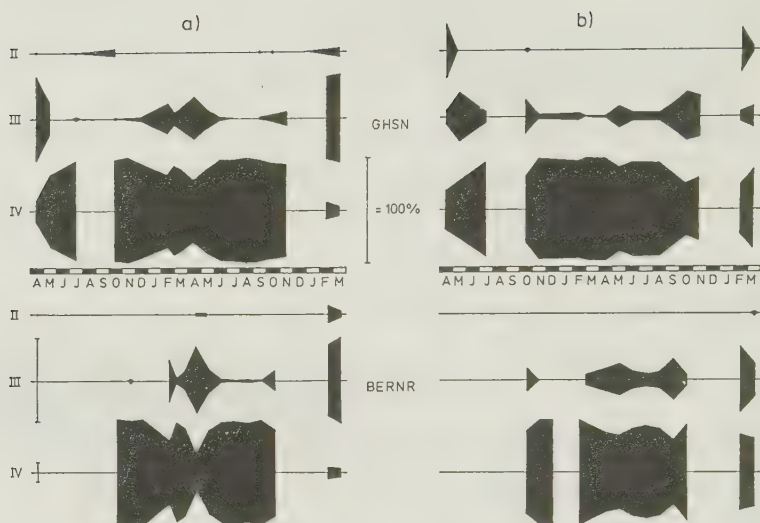


Abb. 23: Jahreszeitliche mittlere Abundanz der II. bis IV. Larvenstadien: a) *Micropsectra* b) *Tanytarsus*

Abgesehen vom April 1980, wo eine erstaunlich hohe Zahl der II. Stadien verzeichnet werden kann, dominieren auch bei *Tanytarsus* die Larven der IV. Stadien (Abb. 23). Relativ hoch ist die Zahl der II. Stadien auch im Februar 1982. Bei den III. Stadien findet jeweils im Mai und Oktober ein Anstieg der Abundanz statt.

Auch die IV. Larvenstadien von *Sergentia coracina* dominieren in fast allen Monaten über die jüngeren Altersstadien (Abb. 24). Bei den III. Stadien können deutliche Schwankungen der Abundanz im Jahresverlauf festgestellt werden. Hier treten deutliche Maxima im Oktober 1980 (vor BERNRIED: November 1980), Mai 1981 und Oktober 1981 (vor BERNRIED: September 1981) sowie vor BERNRIED im März 1982 auf.

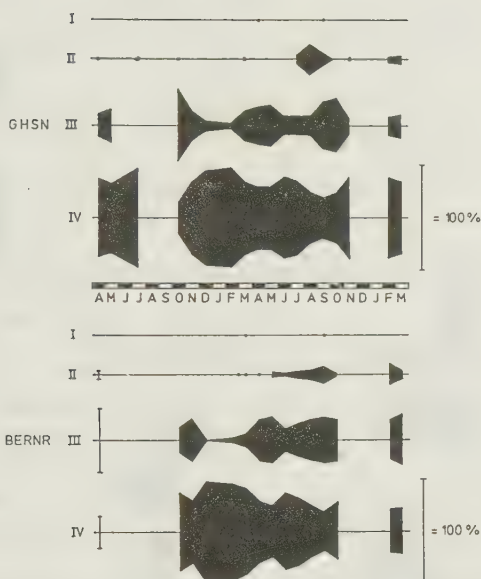


Abb. 24: Jahreszeitliche mittlere Abundanz der 4 Larvenstadien von *Sergentia coracina*

4.2.6. Längenverteilung von *Micropsectra*, *Sergentia* und *Tanytarsus*

Die Einteilung der Larven von *Micropsectra* in vier Längenklassen (Einteilung s. 3.2.4.) - jeweils summiert über alle Tiefenstufen - zeigt zu fast allen Terminen einen unimodalen Verlauf (Abb. 25).

Ein bimodaler Verlauf wird vorgetäuscht, wenn sehr wenige Individuen vorliegen (April, Oktober, November 1981, August 1982). 1980 erfolgt von April bis Juli ein kontinuierliches Längenwachstum: im April dominieren die Larven der Längenklasse 1, im März der Längenklasse 2 und im Juli der Längenklasse 3. Im Oktober sind praktisch nur noch Larven der Längenklassen 3 und 4 vorhanden, d.h. es handelt sich ausschließlich um IV. Larvenstadien. 1981 liegen in den einzelnen Längenklassen weniger

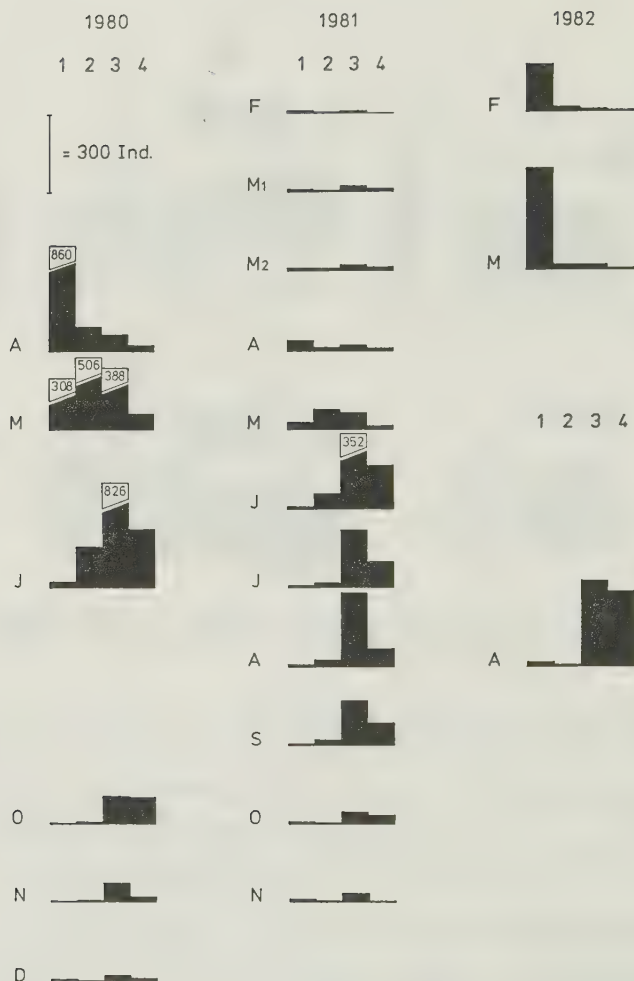


Abb. 25: Längenverteilung im Jahresverlauf: *Micropsectra*

Individuen vor als 1980, im Prinzip ergibt sich aber derselbe Verlauf des Längenwachstums. Die maximale Individuenzahl innerhalb der Längenklasse 3 wird im August erreicht. Zu den drei Untersuchungsterminen des

Jahres 1982 finden sich wieder wesentlich höhere Individuenzahlen als im Vorjahr. In den Wintermonaten Februar/März liegen fast ausschließlich Larven der Längenkategorie 1 vor, im August dagegen die Larven der Längensklassen 3 und 4. Da die Besiedelung der *Micropectra*-Larven in 20 m sehr gering ist, wurde auf eine Darstellung der Ergebnisse aus diesem Tiefenbereich verzichtet.

Für die Einteilung der wesentlich größeren *Sergentia*-Larven wurden fünf Längensklassen gewählt (Abb. 26).

Im Gegensatz zu den für *Micropectra* dargestellten Ergebnissen, zeigen die meisten Diagramme einen bimodalen Verlauf. Zu Beginn des Jahres 1981 erfolgt eine Zunahme der Längensklassen 4 und 5, die Mitte März (M2) mit der Längensklasse 5 ihr Maximum erreicht. Gleichzeitig zeichnet sich eine stetige Zunahme der Individuenzahl innerhalb der Längensklasse 1 ab, die im April ihrem Maximalwert zustrebt. Relativ wenig Individuen liegen im Mai vor, ein Teil der Larven der Längensklasse 1 ist in Längensklasse 2 eingetreten und im Juni dominiert die Längensklasse 3, bei gleichzeitig hohen Anteilen der übrigen Längensklassen. Der unimodale Juniverlauf wird im Juli wieder durch eine deutliche bimodale Längensklassen-Verteilung ersetzt. Erneut erfolgt eine Zunahme der Längensklasse 1 bis September, und auch noch im Oktober liegen die meisten Larven in dieser Längensklasse vor.

In 20 m ergibt sich eine kontinuierliche monatliche Wachstumsverschiebung von der Längensklasse 1 im August, über Längensklasse 2, 3 und 4 im Oktober, November und Dezember bis Längensklasse 5 im Januar und Februar. Februar und Anfang März (M1) liegen keine Individuen in den Längensklassen 1 bis 3 vor, wohingegen im Mai die Längensklassen 3 bis 5 vollkommen fehlen und generell auch die wenigsten Individuen vorliegen. Im September 1983 liegt in etwa dasselbe Diagramm vor wie im September 1981.

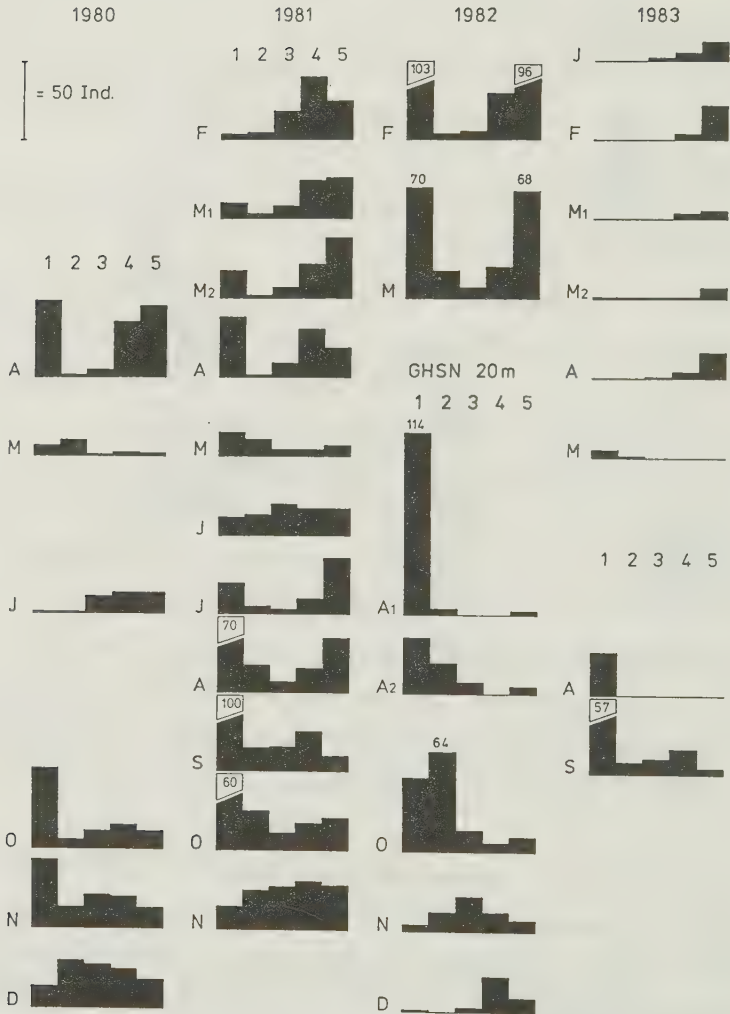


Abb. 26: Längenverteilung im Jahresverlauf: *Sergentia coracina*

Da WÜLKER (1961 a) für den Titisee und den Heiterwanger See an vergleichbaren Untersuchungsterminen bei der Längenverteilung von *Sergentia coracina* eine Trennung in zwei Größenklassen fand, wurde eine solche Längenverteilung zum Vergleich auch für den Starnberger See (Oktober 1981) aufgetragen (Abb. 27).

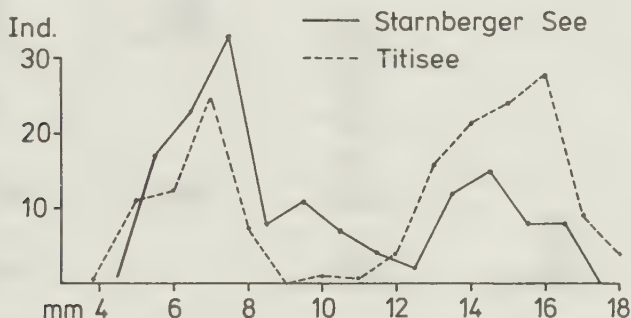


Abb. 27: Längenverteilung von *S. coracina* im Starnberger See und im Titisee

Auch für den Starnberger See läßt sich diese Verteilung feststellen, allerdings ist die Trennung im Bereich von 9 - 11 mm nicht so charakteristisch wie im Titisee.

Die Längenklassen-Einteilung der *Tanytarsus*-Larven ist wieder durch einen unimodalen Verlauf charakterisiert (Abb. 28). Auch hier werden die IV. Larvenstadien durch die Längenklassen 3 und 4 repräsentiert, die für 1981 ihr Maximum im August erreichen. Von Juli bis November erfolgt eine fast kontinuierliche Zunahme der Individuen in der Längenklasse 1. Von November 1980 bis Juni 1981 dominiert die Längenklasse 2.

Die Verteilung der Längenklassen für den 20 m-Punkt gleicht von Januar bis Mai 1983 im wesentlichen den Diagrammen für 1981. Starke Abweichungen ergeben sich für August und Oktober 1982 sowie August und September 1983.

Eine Tiefenabhängigkeit der durchschnittlichen Körperlänge der vier Larvenstadien konnte nicht festgestellt werden (Tab. 5).

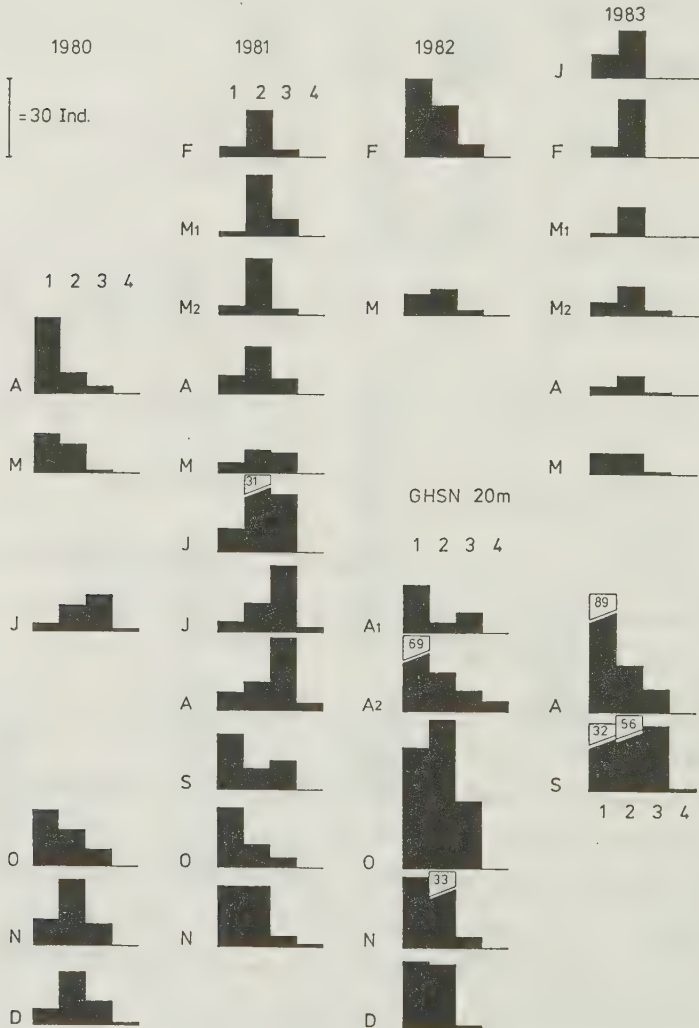


Abb. 28: Längenverteilung im Jahresverlauf: *Tanytarsus*

Die durchschnittliche Larvenlänge (aus allen Tiefenstufen) der vier Stadien zu den einzelnen Terminen (Mittelwert aus GARATSHAUSEN/BERNRIED) ergibt bei *Micropsectra* und *Tanytarsus* (Abb. 29) einen sehr einheitlichen Verlauf mit relativ geringen Schwankungen (maximal 2.8 mm).

Tab. 5: Durchschnittliche Larvenlänge der 4 Stadien in den einzelnen Tiefen

m	Micropsectra				Sergentia				Tanytarsus		
	II	III	IV		I	II	III	IV	II	III	IV
20	-	4.1 (32)	8.3 (33)		3.4(1)	3.6(147)	7.1(201)	12.9(287)	2.7(14)	3.8(222)	6.1(474)
30	2.6(14)	2.8(314)	8.2 (896)		3.3(1)	3.9 (59)	6.0(440)	13.0(975)	2.5 (3)	3.6 (61)	6.3(307)
40	2.5(30)	2.9(482)	8.3(1320)		2.8(1)	4.0(114)	5.4(464)	12.8(875)	2.6(14)	3.5 (51)	6.5(268)
50	2.6(20)	2.8(207)	8.4(1533)		-	3.9 (40)	5.8(333)	13.6(531)	2.7(27)	3.6 (46)	6.5(173)
60	2.5(13)	2.8(818)	8.3(1537)		2.4(1)	4.0 (19)	5.6 (53)	14.4(153)	2.5 (6)	3.7 (14)	7.2(132)
70	2.7(34)	2.7(583)	8.3(1311)		-	3.5 (1)	6.4 (17)	15.1 (53)	2.5 (5)	4.0 (19)	7.0 (77)
80	2.4 (3)	3.0(269)	8.1 (939)		-	-	7.8 (2)	14.3 (25)	2.5 (5)	3.3 (4)	6.4 (46)
100	2.5 (2)	2.7(306)	8.2 (864)		-	-	7.4 (13)	14.4 (24)	2.5 (4)	3.9 (14)	7.0 (40)
120	-	-	9.3 (23)		-	-	8.5 (2)	14.9 (15)	-	4.0 (3)	6.8 (11)
Ø	2.54	2.81	8.38		2.97	3.82	6.67	13.93	2.56	3.71	6.64

Bei *Sergentia* (Abb. 30) treten dagegen größere Schwankungen (max. 7 mm) zwischen den einzelnen Terminen und auch innerhalb der vier Larvenstadien auf.

4.2.7. Biomasse und Produktion

Abb. 31 gibt den jahreszeitlichen Verlauf der Biomasse von *Micropsectra*, *Sergentia* und *Tanytarsus* wieder.

Nach hohen Biomassewerten im Sommer 1980 (Maximum im Juli: 35.7 g/m²), fällt die Kurve für *Micropsectra* (Abb. 31a) ab Oktober und erreicht im Winter 1981 ihr Minimum im Februar (0.5 bzw. 0.3 g/m² vor GARATSHAUSEN bzw. BERNRIED).

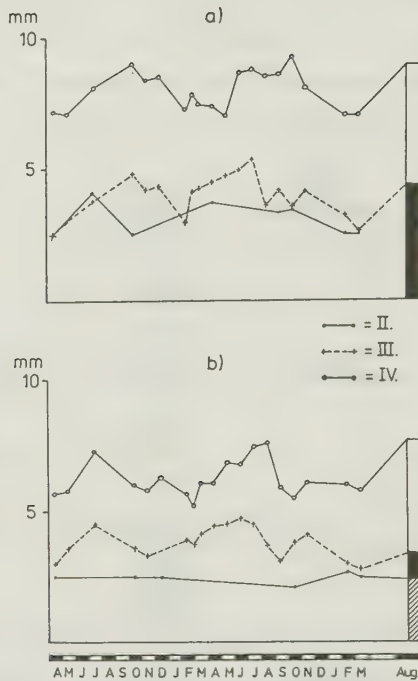


Abb. 29: Durchschnittliche Larvenlänge im Jahresverlauf a) *Micropsectra* b) *Tanytarsus*

Ab Februar erfolgt ein kontinuierlicher Anstieg bis April, eine starke Zunahme von April bis Juni und ein ebenso starker Abfall bis November (abgesehen von einem Zwischenanstieg im August). Im August 1982 werden fast doppelt so hohe Werte erzielt wie im Vorjahr.

Während *Micropsectra* in den Wintermonaten ein deutliches Minimum der Biomasse zeigt, ist ein solches bei *Sergentia* (Abb. 31b) zu keiner Jahreszeit erkennbar. Maximalwerte (24 bzw. 21 g/m²) werden im Februar 1982, Minimalwerte (1.02 g/m²) in beiden Jahren im Mai erreicht.

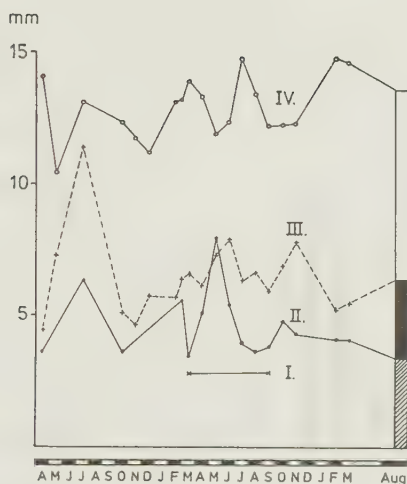


Abb. 30: Durchschnittliche Larvenlänge im Jahresverlauf: *S. coracina*

Auch bei *Tanytarsus* (Abb. 31c) ist keine einheitliche Tendenz im Jahresverlauf der Biomasse erkennbar. Die geringsten Biomasse-Werte finden sich im September (GARATSHAUSEN) und Dezember (BERNRIED).

Relativ einheitlich ist das durchschnittliche Larvengewicht von *Micropectra* und *Tanytarsus* im Jahresverlauf (Abb. 32a,c). Dagegen treten bei *Sergentia* (Abb. 32b) zu den einzelnen Terminen beträchtliche Schwankungen auf: In den Monaten Februar/März und Juli/August sind die Larven am schwersten, minimale Durchschnittsgewichte können im Mai sowie September/Oktober beobachtet werden. Unterschiede zwischen den beiden Transekten bestehen kaum, der Kurvenverlauf ist nahezu parallel. Eine Zunahme des durchschnittlichen Larvengewichts mit der Tiefe, wie sie von KAJAK & DUSOGE (1975 a) berichtet wird, konnte im Starnberger See nicht festgestellt werden.

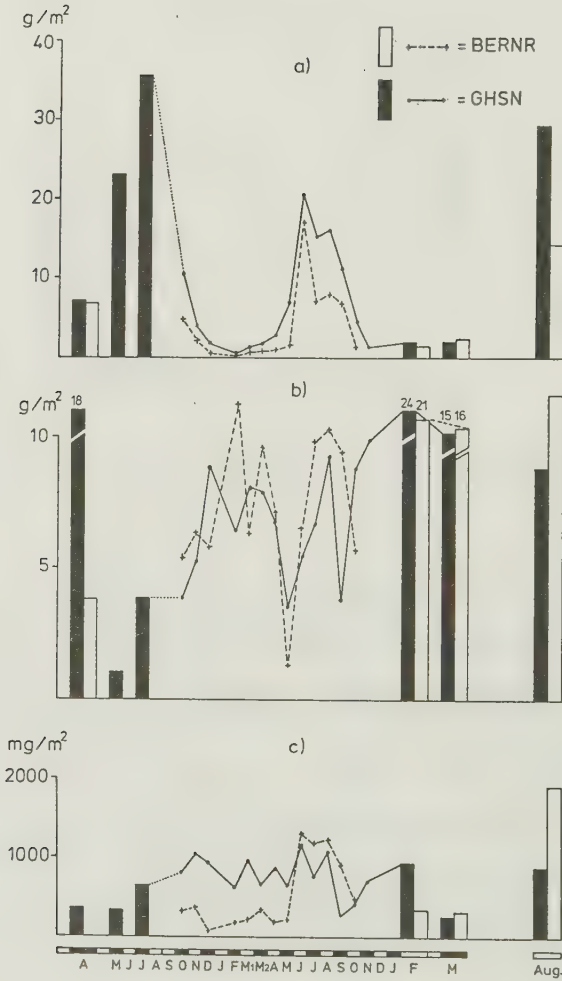


Abb. 31: Biomasse im Jahresverlauf: a) *Micropsectra*, b) *Sergentia coracina*, c) *Tanytarsus*

Da das durchschnittliche Larvengewicht in beiden Transekten recht einheitlich ist, für das Transekt GARATSHAUSEN aber mehr Untersuchungstermine vorliegen, wurden die Produktionsberechnungen auf dieses Transekt beschränkt (Tab. 6-8).

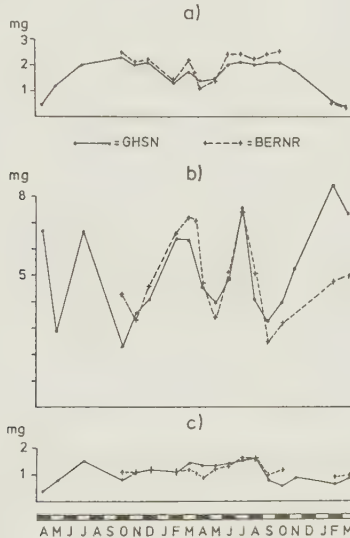


Abb. 32: Durchschnittliches Larvengewicht im Jahresverlauf a) *Micropsectra*, b) *Sergentia*, c) *Tanytarsus*

Maximale Produktionswerte werden erreicht:

<i>Micropsectra</i>	-	Juli
<i>Sergentia</i>	-	Februar, April
<i>Tanytarsus</i>	-	Februar, Juli, November

Scheiden die IV. Larvenstadien durch Verpuppung und anschließendem Schlüpfen der Imagines aus dem Gewässer aus, dann wird selbst bei einer tatsächlichen, positiven Produktionsrate eine negative Bilanz errechnet.

Tab. 6: Produktionsberechnung für *Micropsectra* spp.

Datum	$1/2 (N_t + N_0)$	$w_t - w_0$ (mg)	P (g/m ²)	B (g/m ²)	
17.04.1980	7969	0.5	3.98	1.7	
29.05.1980	15776	0.7	11.04	23.3	
20.07.1980	16975	0.8	13.58	35.7	
15.10.1980	10739	0.3	3.22	10.5	
07.11.1980	6369	-0.3	-1.91	4.0	
10.12.1980	3610	0.1	3.61	1.6	
		P_{ges}	33.52	B 12.8	P/B = 2.6
10.02.1981	2001	-0.8	-1.60	0.5	
28.02.1981	1348	0.5	0.67	1.1	
16.03.1981	1133	-0.1	-1.13	1.5	
03.04.1981	1566	-0.3	-0.47	2.6	
10.05.1981	3071	0.1	3.07	6.9	
27.06.1981	6624	0.5	3.31	20.5	
31.07.1981	6859	0.1	6.86	15.1	
26.08.1981	7399	-0.1	-7.40	16.1	
23.09.1981	6352	0.1	6.35	11.1	
14.10.1981	4242	0	0	4.5	
23.11.1981	2491	-0.3	-0.75	1.3	
		P_{ges}	8.91	B 7.4	P/B = 1.2

Tab. 7: Produktionsberechnung für *Sergentia coracina*

Datum	$1/2 (N_t + N_0)$	$w_t - w_0$ (mg)	P (g/m ²)	B (g/m ²)	
17.04.1980	1369	6.7	9.17	18.4	
29.05.1980	996	-3.7	-3.68	1.0	
20.07.1980	786	3.7	2.90	3.8	
15.10.1980	1237	-4.4	-5.44	3.8	
07.11.1980	1359	1.3	1.77	5.3	
10.12.1980	1935	0.5	0.97	8.8	
		P_{ges}	5.69	B 6.8	P/B = 0.83
10.02.1981	1579	2.3	3.63	6.4	
28.02.1981	1434	0	0	8.0	
16.03.1981	1339	0	0	7.9	
03.04.1981	1413	-1.8	-2.54	6.7	
10.05.1981	1144	-0.6	-0.69	3.5	
27.06.1981	1134	0.9	1.02	5.5	
31.07.1981	1012	2.7	2.73	6.7	
26.08.1981	1638	-3.5	-5.73	9.3	
23.09.1981	1412	-0.8	-1.13	3.8	
14.10.1981	1809	0.7	1.27	8.8	
23.11.1981	1838	1.3	2.39	9.9	
		P_{ges}	0.95	B 6.9	P/B = 0.14

Tab. 8: Produktionsberechnung für *Tanytarsus*

Datum	$1/2 (N_t + N_0)$	$w_t - w_0$ (mg)	P (mg/m ²)	B (mg/m ²)	
17.04.1980	303	0.6	181.8	335	
29.05.1980	503	0.2	100.6	308	
20.07.1980	459	0.7	321.3	628	
15.10.1980	740	-0.7	-518.0	802	
07.11.1980	844	0.3	253.2	1018	
10.12.1980	825	0.1	82.5	914	
			P _{ges}	421.4	B 667 P/B = 0.63
10.02.1981	764	-0.1	-76.4	605	
28.02.1981	775	0.3	232.5	975	
16.03.1981	654	-0.1	-65.4	643	
03.04.1981	652	0	0	833	
10.05.1981	570	0	0	633	
27.06.1981	706	0.1	70.6	1177	
31.07.1981	605	0.1	60.5	770	
26.08.1981	643	0.1	64.3	1082	
23.09.1981	463	-0.8	-370.4	237	
14.10.1981	580	-0.2	-116.0	396	
23.11.1981	667	0.3	200.1	708	
			P _{ges}	- 0.2	B 733

Maximale negative Produktion findet statt:

<i>Micropsectra</i>	-	August
<i>Sergentia</i>	-	August, Oktober
<i>Tanytarsus</i>	-	September, Oktober

Die durchschnittliche kumulative Produktionsrate von April 1980 bis Dezember 1980 bzw. Februar 1981 bis November 1981 beträgt für *Micropsectra* 33.5 bzw. 8.9 g/m², für *Sergentia* 5.7 bzw. 0.95 g/m² und für *Tanytarsus* 421 bzw. -0.2 mg/m².

Die turnover-Raten (Produktion/durchschnittliche Biomasse) sind:

<i>Micropsectra</i> :	P/B = 2.60 (1980) bzw. 1.20 (1981)
<i>Sergentia</i> :	P/B = 0.83 (1980) bzw. 0.14 (1981)
<i>Tanytarsus</i> :	P/B = 0.63 (1980)

Obwohl zahlreiche Arbeiten über Biomasse und Produktion von Chironomidenlarven vorliegen (BANSE & MOSHER 1980), finden sich für *Sergentia coracina* und die *Micropsectra*- und *Tanytarsus*-Arten nur spärliche Angaben.

4.2.8. Parasitierung der Larven mit Mermithiden

Die Parasitierung von Chironomidenlarven mit Mermithiden stellt sich sowohl von der Häufigkeit des Befalls als auch von ihrer bathymetrischen und zeitlichen Verteilung sehr unterschiedlich dar.

Am stärksten sind die Larven der Gattung *Tanytarsus* befallen, es folgen *Sergentia* und *Micropsectra*. Während des ganzen Untersuchungszeitraumes wurden insgesamt nur 3 infizierte *Chironomus anthracinus*-Larven und zwar im Herbst gefunden: 1 Larve am 24.9.1981 in 30 m vor BERNRIED und 2 Larven am 14.10.1982 in 20 m vor GARATSHAUSEN.

Bei den Tanytarsini (*Micropsectra*, *Tanytarsus*) ist der bathymetrische Verlauf der Prozentwerte von infizierten Larven recht ähnlich, wohingegen bei *Sergentia* zwei deutliche Tiefenmaxima in 40/50 m und 80 m auftreten (Abb. 33). Vor BERNRIED ist die Infizierung in 30, 40 und 50 m bei *Sergentia* nahezu doppelt so groß wie vor GARATSHAUSEN.

Bei *Micropsectra* treten kaum Unterschiede zwischen den beiden Transekten auf. Kein Befall konnte in 20 m und 120 m festgestellt werden, maximale Infizierung findet sich bei Larven aus 30 m bis 50 m.

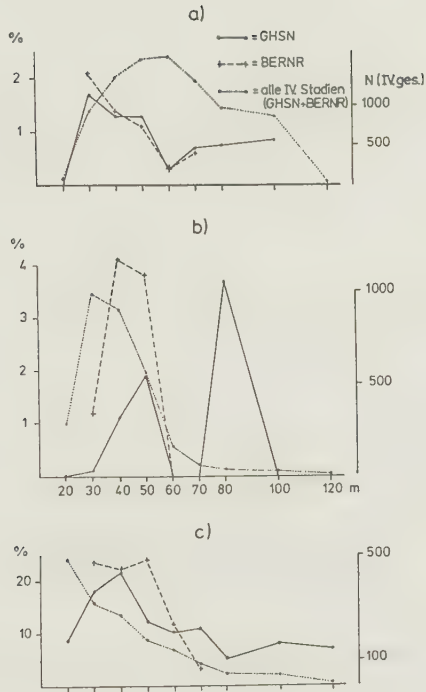


Abb. 33: Tiefenverteilung infizierter Larven von a) *Micropsectra*, b) *Sergentia* und c) *Tanytarsus*

Vor BERNRIED ist die Parasitierung der *Tanytarsus*-Larven bis in 60 m Tiefe höher als vor GARATSHAUSEN, auch liegt hier der Maximalwert in 50 m, wohingegen er vor GARATSHAUSEN in 40 m liegt. *Tanytarsus*-Larven werden in allen Tiefenstufen befallen.

Infizierte Larven von *Micropsectra*, *Sergentia* und *Tanytarsus* finden sich im Jahresverlauf zu allen Terminen (ausgenommen: *Micropsectra* im Dezember und *Sergentia* im Juli), allerdings treten zwischen den einzelnen Jahren und den beiden Transekten erhebliche Unterschiede auf (Abb. 34, 35).

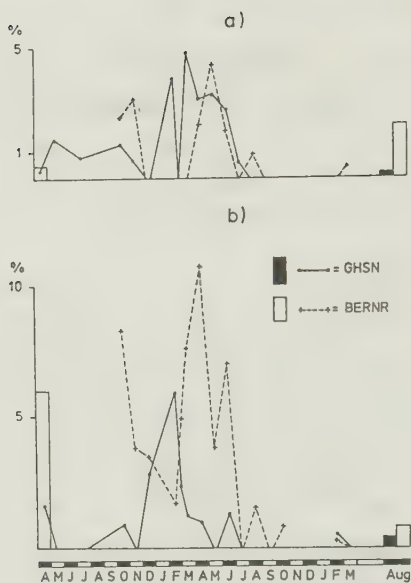


Abb. 34: Jahreszeitliche Verteilung infizierter Larven von a) *Micro-psectra* und b) *Sergentia*

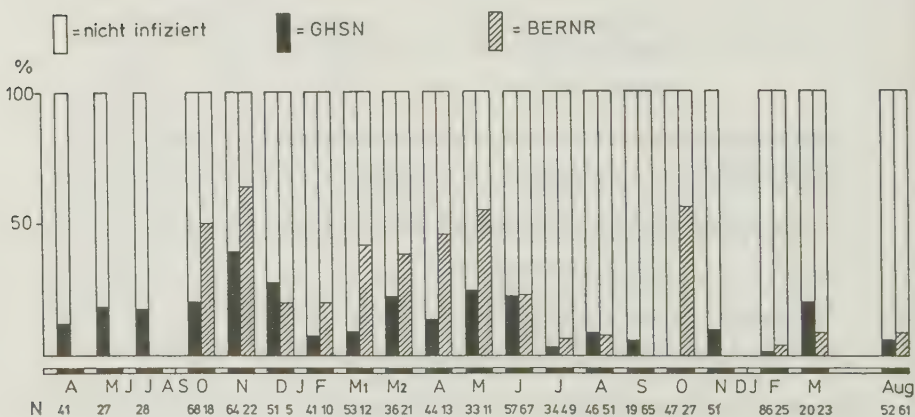


Abb. 35: Jahreszeitliche Verteilung infizierter Larven von *Tanytarsus*

Allgemein kann eine wesentliche Infizierung für die drei Gattungen von Oktober bis Juni verzeichnet werden, der Befall von Juli bis September ist außerordentlich niedrig. Maximaler Befall konnte für *Micropsectra* im Februar, März und Mai, für *Sergentia* im Oktober, Februar und April und für *Tanytarsus* im Oktober, November und Mai festgestellt werden. Bemerkenswert ist die äußerst geringe Parasitierung in den Wintermonaten (Februar, März) des Jahres 1982.

Um mögliche Auswirkungen der Parasitierung auf das Wachstum der Larven feststellen zu können, wurden die durchschnittlichen Körperlängen von infizierten und nicht infizierten Larven der IV. Stadien berechnet (Tab. 9). Anhand dieser Werte (die infizierten Larven von *Micropsectra* und *Tanytarsus* sind durchschnittlich sogar länger als die nicht infizierten) kann eine Beeinträchtigung des larvalen Wachstums der IV. Stadien durch Parasitenbefall ausgeschlossen werden.

Tab. 9: Durchschnittliche Körperlänge der IV. Stadien

	<i>Micropsectra</i>		<i>Sergentia</i>		<i>Tanytarsus</i>	
	n.i.	i.	n.i.	i.	n.i.	i.
Körperlänge (mm)	8.3	9.0	13.2	12.5	6.4	6.6
Standardabweichung	1.3	1.5	2.4	2.4	1.4	1.1
Individuenzahl	8346	110	2872	66	1255	273

n.i. = nicht infiziert, i. = infiziert

4.3. Sonstige Benthosorganismen: Ergebnisse und Diskussion

In diesem Kapitel werden Planarien, Ceratopogoniden und die aus den beiden Gesamt-Benthosuntersuchungen im Winter und Sommer 1982 stammenden Oligochaeten und großen Mermithiden behandelt. Da eine Determination bis zur Art nur dem Spezialisten möglich ist - die Artbestimmung von alkohol-konserviertem Material dürfte bei Planarien, Oligochaeten und großen

Mermithiden in den seltensten Fällen gelingen - wurde von Anfang an nur eine quantitative Untersuchung dieser Gruppen ins Auge gefaßt.

Quantitative Angaben finden sich in der europäischen Literatur nur sehr spärlich: Turbellarien (STEINBÖCK 1949, 1951); bei den Oligochaeten wird meist nur das Litoral oder flache Seen behandelt (u.a. KAJAK & DUSOGE 1971, PONYI et al. 1983, SÄRKKÄ 1982); Angaben aus dem Profundal finden sich u.a. bei SÄRKKÄ (1978, 1979), SÄRKKÄ & AHO (1980) und SLACK (1965).

Bei der Darstellung der bathymetrischen Verteilung wurden für Planarien und Ceratopogoniden-Larven die Abundanzwerte aller Termine berücksichtigt. Für Oligochaeten und große Mermithiden wurden die Werte der Gesamt-Benthosuntersuchung vom Februar und August 1982 verwendet.

Die Besiedelung des Starnberger Sees mit Planarien reicht von 30 m bis 100 m, in 20 m und 120 m sind keine Planarien gefunden worden (Abb. 36). Die Tiefenverteilung ist sehr einheitlich, wobei das Abundanzmaximum bei 100 m liegt. Offensichtlich handelt es sich um ausgesprochen tiefliebende Arten. Vor BERNRIED endet die Besiedelung bereits in 60 m Tiefe.

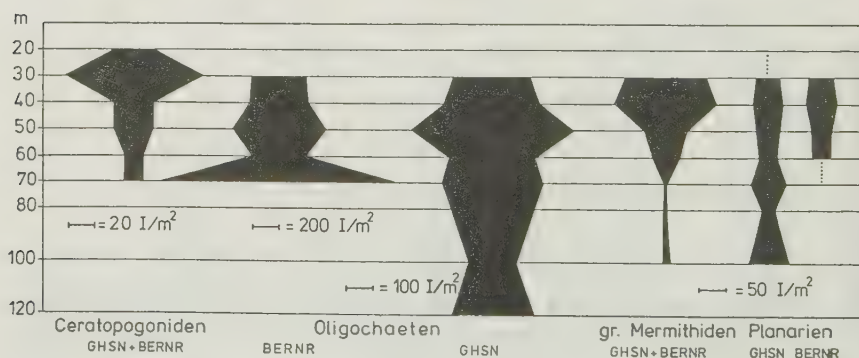


Abb. 36: Bathymetrische Verteilung von Ceratopogoniden, Oligochaeten, großen Mermithiden und Planarien

Für die Ceratopogoniden-Larven, die nur äußerst selten in den Proben auftraten, wurden die Abundanzen der beiden Transekte addiert. Sie erreichen ihre Maximalverbreitung in 30 m, ab 70 m treten sie nicht mehr in den Proben auf.

Während bis 60 m die Besiedelung der Oligochaeten in BERNRIED und GARATSHAUSEN relativ einheitlich (vor BERNRIED mit etwas geringeren Abundanzen) verläuft, unterscheiden sich beide Transekte besonders im 70 m-Punkt. Vor BERNRIED wurden in 70 m Tiefe am 11.2.1982 1140 und am 4.8.1982 2429 Individuen pro m^2 gezählt, woraus ein Mittelwert von 1784 Oligochaeten pro m^2 resultiert. Der Maximalwert vor GARATSHAUSEN (741 Ind./ m^2 am 10.2.1982) liegt bei 50 m. Von 70 m bis 100 m nimmt dann die Individuendichte leicht ab, um in 120 m noch einmal kurz anzusteigen.

Die großen Mermithiden treten in wesentlich geringerer Dichte als die Oligochaeten auf und erreichen ihre maximale Besiedelungsdichte in 40 m. Von dort nehmen die Individuenzahlen (GARATSHAUSEN + BERNRIED) bis 70 m stark ab. Bis 100 m ist dann nochmals eine sehr geringe Zunahme zu verzeichnen, in 120 m werden keine großen Mermithiden gefunden.

Die jahreszeitliche Verschiebung der durchschnittlichen Individuenzahlen pro m^2 (jeweils alle Tiefenstufen eines Termins sind zusammengefaßt) für die Planarien und Ceratopogoniden-Larven ist in Abb. 37 aufgetragen. 1981 wurden vor GARATSHAUSEN von Mitte März (M2) bis Juni keine Planarien gefunden, während vor BERNRIED vereinzelt Tiere auftraten. Auch werden vor GARATSHAUSEN wesentlich höhere Dichten erreicht als vor BERNRIED.

Die Ceratopogoniden-Larven (GARATSHAUSEN + BERNRIED) fehlen in den Wintermonaten November und Dezember.

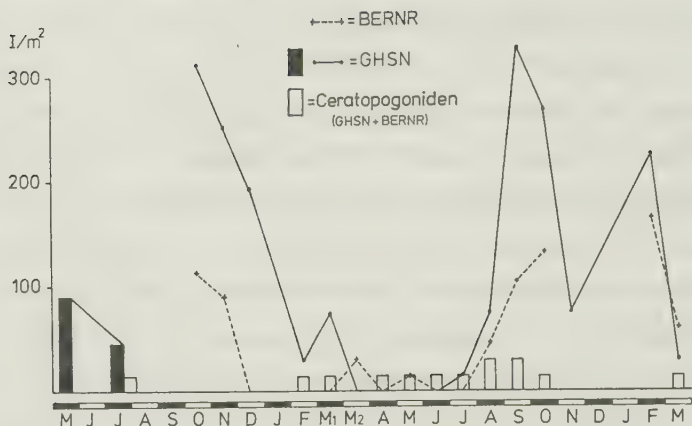


Abb. 37: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: Planarien und Ceratopogoniden

Die Verteilung der wesentlichen Benthosorganismen-Gruppen in den einzelnen Tiefenstufen der Gesamt-Benthosuntersuchung ist in Abb. 38 dargestellt. Im großen und ganzen stimmt der Kurvenverlauf der jeweiligen Transekte zu den beiden Terminen recht gut überein: Die Chironomidenlarven überwiegen in den tieferen Bereichen der beiden Transekte jeweils sehr stark, lediglich in 70 m (BERNRIED und GARATSHAUSEN 10.2.1982) und 120 m (GARATSHAUSEN 10.2.1982) erzielen die Oligochaeten höhere Abundanz. Im August 1982 finden sich überhaupt keine Planarien und auch im Vergleich zu den übrigen Gruppen fallen die Planarien im Februar 1982 kaum ins Gewicht.

Die geringe Anzahl von Planarien in den Proben könnte durch die Siebmethode begründet sein, da die Planarien beim Rütteln durch das Netz sehr leicht zerstört werden, was dann zur vollständigen Auflösung der Tiere führen kann (LENZ 1954 b). Obwohl STEINBÖCK (1949, 1951) durch

Dredgen und sorgfältiges Aussortieren im Aquarium im Lago Maggiore 40 Arten von Turbellarien in durchaus beachtlichen Abundanzen feststellte, nimmt LENZ (1954 b) an, daß die Turbellarien am Seegrund nur in verhältnismäßig geringer Dichte vorkommen. Er führt diese lockere Verteilung als typisch für alle räuberisch sich ernährenden Tiere an. Er gibt für den Lago Maggiore lediglich einen Mittelwert von 235 Turbellarien/m² ohne Tiefenbezug an. Für den Starnberger See (nur GARATSHAUSEN) ergibt sich ein Mittelwert von 143 Planarien/m² (Durchschnittswerte aus allen Tiefen), mit einem Maximalwert von 326 Individuen/m² im September 1981.

Der prozentuale Anteil der summierten Individuenzahlen aller Tiefen zu den beiden Terminen ist Tab. 10 zu entnehmen.

Tab. 10: Prozentuale Verteilung der Haupt-Benthosgruppen (%)

		Chir.-larv.	Chir.-pupp.	Oligoch.	gr.Mermith.	Planarien
GHSN	10.2.1982	69.8	-	25.9	2.2	2.1
BERNR	11.2.1982	68.3	-	24.3	6.0	1.4
GHSN	3.8.1982	80.8	1.8	14.9	2.5	-
BERNR	4.8.1982	62.1	1.4	32.6	3.9	-

Das fast ausschließliche Vorkommen von Oligochaeten und Chironomiden-larven im Profundal wird auch von BAZZANTI (1981) für den 20 m bis 50 m-Bereich des Lago Bracciano festgestellt.

Im Lago Maggiore dominieren die Oligochaeten bereits ab 10 m (LENZ 1954 b) und zwar mit zunehmender Tiefe (bis 100 m) in steigender Individuenzahl (Tab. 11). Die Oligochaeten repräsentieren im Durchschnitt 80% der Gesamtfuna dieses Sees.

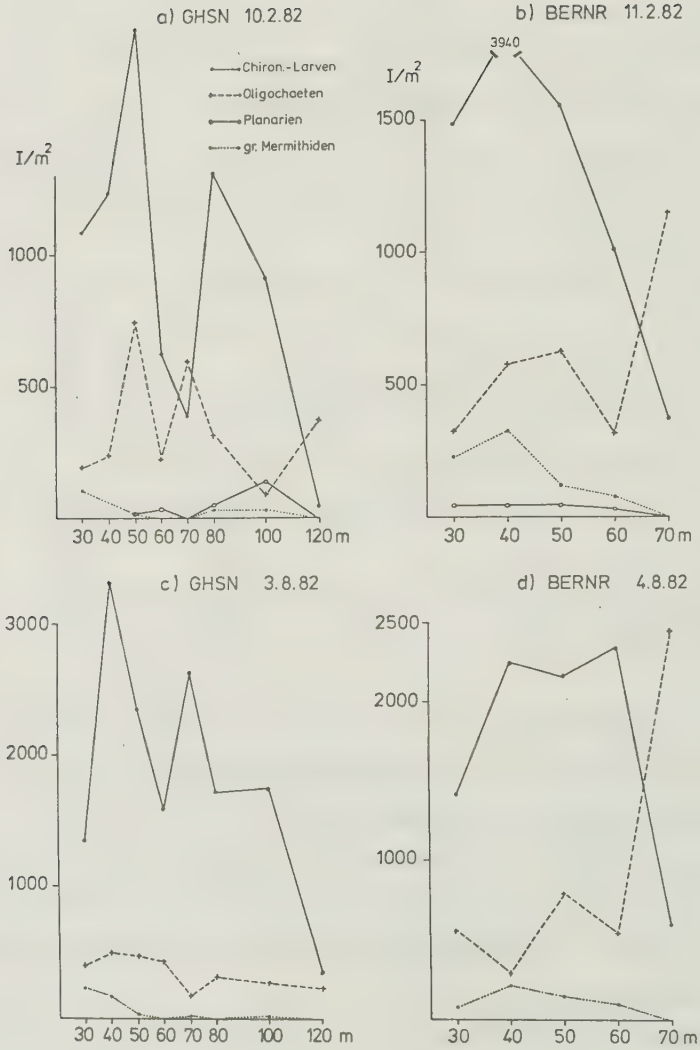


Abb. 38: Verteilung der Hauptbenthosgruppen in den einzelnen Tiefenstufen

Tab. 11: Chironomiden-/Oligochaeten-Verhältnis im Lago Maggiore und im Starnberger See (Ind./m²)

m	20 - 30		31 - 50		51 - 100		101 - 200		% Ch./Ol.	
	Ch./Ol.		Ch./Ol.		Ch./Ol.		Ch./Ol.		Ch./Ol.	
Lago Maggiore ¹	293	1343	89	1548	44	2278	17	1962	5.9	94.1
Starnberger See ²	607	59	133	533	155	311	-	-	49.7	50.3
Starnberger See ³	1329	367	2331	528	1219	701	192*	303*	72.7	27.3

¹ LENZ (1954 b; Mittelwert aus 3 Jahren)

² NÄHER (1963; Mittelwert: GHSN +BERNR)

³ Mittelwert: Februar/August 1982, GHSN + BERNR, * = 120 m!

Dabei sind die Oligochaeten und großen Mermithiden in den Proben sicher unterrepräsentiert, da die Tiere aufgrund ihrer enormen Kontraktionsfähigkeit leicht durch die Maschen des Siebnetzes entweichen können.

Das Verhältnis von Oligochaeten zu Chironomiden wird von WIEDERHOLM (1980 a), neben drei weiteren nützlichen Aspekten (Indikatororganismen, Diversität, Oligochaeten-Abundanz) zur Seencharakterisierung vorgeschlagen. Dabei werden von den Chironomiden räuberische und freibewegliche Tiere wie *Procladius* spp., die zumindest als Gruppe ziemlich eurytop zu sein scheinen, ausgeschlossen.

In Tab. 12 ist der Prozentanteil der Oligochaeten (in Relation zu den Chironomidenlarven) in den einzelnen Tiefenstufen und als durchschnittlicher Gesamtwert zu den Terminen der Gesamt-Benthosuntersuchung angegeben.

Abgesehen vom 3.8.1982 überwiegen die Oligochaeten in 70 m Tiefe und erreichen am 10.2.1982 in 120 m ihre maximale Abundanz. Diese Zunahme der Dominanz in größerer Tiefe wurde auch von BAZZANTI (1981), LENZ (1954 b), WIEDERHOLM (1980 c) und WISNIEWSKI & DUSOGE (1983) bemerkt.

Tab. 12: Prozentuale Tiefenverteilung der Oligochaeten (%) in Relation zu den Chironomidenlarven

m	GHSN	BERNR	GHSN	BERNR
	10.2.1982	11.2.1982	3.8.1982	4.8.1982
30	15.5	19.8	23.3	29.1
40	16.3	12.9	13.2	11.9
50	29.4	30.0	17.2	26.8
60	26.3	23.6	21.0	18.6
70	60.6	76.2	6.4	80.8
80	19.2		15.3	
100	9.0		13.2	
120	92.7		42.1	
Ø	27.4	27.0	15.8	34.9

Insgesamt gesehen ergibt sich ein durchschnittliches Oligochaeten- / Chironomiden-Verhältnis von rund 27% : 73%.

4.4. Magenuntersuchungen von Renken

4.4.1. Allgemeine Bemerkungen zur Methodik

Eine umfassende Darstellung über Methoden zu Mageninhaltsanalysen und deren Anwendung findet sich bei HYSLOP (1980).

Die größten Schwierigkeiten bei der Interpretation von Magenanalysen ergeben sich aus der Tatsache, daß die Variation zwischen den Individuen einer Probe oft größer ist, als zwischen durchschnittlichen Werten von zwei Proben (CADWALLADER 1975 d). Fehler können auch durch unterschiedliche Verdauung verursacht werden. So konnte GANNON (1976) zeigen, daß *Daphnia* aufgrund ihrer Verdaubarkeit in Mägen von *Alosa pseudoharengus* unterrepräsentiert ist. Ähnliche Beobachtungen konnten für andere Zooplanktonarten gemacht werden (BERG 1979, DOUD 1974, GERSTMEIER 1985).

Je nachdem wie lange die Fische im Netz hängen und wie schnell sie daraufhin zur Aufarbeitung gelangen, können sich durch unterschiedliche Verdauungszeit Fehler bei der Gewichts- oder Volumenbestimmung ergeben. Im Netz gefangene Fische können evtl. ihre Nahrung erbrechen. Allerdings konnte PECHLANER (zitiert in SCHULZ 1975) bei Seesaiblingen feststellen, daß diese Fische bei Streß ihre Verdauung einstellen.

Nahezu unmöglich abzuschätzen sind schnell verdauliche Organismen wie Oligochaeten (KENNEDY 1969). Auf der anderen Seite werden bestimmte Nahrungsbestandteile viel langsamer verdaut, so daß eine selektive Akkumulation vorgetäuscht wird (MANN & ORR 1969). Optimal wäre eine Untersuchung von Fischen, die unmittelbar nach ihrer Hauptfreizeit gefangen werden, da Nahrung und Intensität der Nahrungsaufnahme während des diurnalen Zyklus variieren können (KEAST & WELSH 1968, ELLIOTT 1970).

4.4.2. Methodik

Im Rahmen eines Versuchsprogrammes der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei wurden 1981 monatlich Renken (*Coregonus* sp.) mit Schwebnetzen von hauptsächlich 44 und 50 mm (aber auch 25, 35 und 60 mm) Maschenweite gefangen. Die Kiemennetze wurden nachmittags ausgesetzt und am nächsten Morgen wieder eingeholt. Von jeweils 30 Fischen pro monatlichem Fang wurde unmittelbar nach Wiegen und Vermessen die Leibeshöhle eröffnet, der Magen entnommen, aufgeschnitten und der gesamte Mageninhalt zur späteren Aufarbeitung in 70 %igem Alkohol konserviert. Da die Nahrungsorganismen im Magen am wenigsten verdaut sind, kam nur dieser zur Untersuchung, der übrige Darmtrakt wurde nicht berücksichtigt.

Zur quantitativen Messung der aufgenommenen Nahrungsbestandteile eines Fisches wurde die "Volumetrische Methode" (JUDE 1973) gewählt. Die Volumenbestimmung erfolgte durch Absetzenlassen in graduierten Reagens-

gläsern (GERSTMEIER 1985). War die Volumenbestimmung der einzelnen Nahrungsbestandteile aufgrund eines fortgeschrittenen Verdauungszustandes nicht möglich, wurde der Anteil der einzelnen Nahrungskomponenten geschätzt (PILLAY 1952). Fehler in der Volumenabschätzung sind im allgemeinen unbedeutend gegenüber Zählfehlern (WINDELL & BOWEN 1968).

Die prozentuale Beteiligung folgender Nahrungsgruppen am gesamten Mageninhalt wurde bestimmt: Daphnien, *Bosmina*, Copepoden, *Bythotrephes longimanus*, Chironomiden-Larven und -Puppen.

4.4.3. Ergebnisse und Diskussion

Infolge starker Ertragsschwankungen wurde von der Fischereigenossenschaft des Starnberger Sees Laich aus verschiedenen Seen (u.a. Bodensee, Chiemsee, Wörthsee, Achensee) eingesetzt. 1977 bis 1979 ist in den Brutanstalten sogar Eimaterial der schnellwüchsigen russischen Sewan- und der normalwüchsigen Peipusmaräne erbrütet worden. Eine Zuordnung der Renken zu einer bestimmten Art läßt sich insofern nicht vornehmen.

Einen allgemeinen Überblick zur Ernährungsbiologie der Coregonen bietet JACOBSEN (1982). Ausführliche Arbeiten zur Nahrungsaufnahme von *Coregonus wartmanni* liegen vom Bodensee (ELSTER 1933, 1950) und vom Achensee (SCHULZ 1979) vor. Die Renken des Starnberger Sees sind ausgesprochene Zooplankton-Konsumenten (HAEMPEL 1930, WAGLER 1941). Lange Zeit war man der Meinung, die Renken würden die Planktonorganismen über den Reusenapparat automatisch aus dem Wasser "sieben" (JARVI 1921). Dies ist nicht der Fall, vielmehr werden die Plankton-Individuen einzeln aufgenommen, wobei eine Auslese nach der Größe vorgenommen wird (ausführliche Diskussion bei: WAGLER 1941, SCHULZ 1979). Diese Erklärung wird durch die Untersuchung verschiedener Renkenpopulationen (Tab. 13) mit Ausnahme der Königssee-Population indirekt bestätigt. Sogar in einem

eutrophen norwegischen See, wo *Cyclops* im Plankton dominierte, wurde *Daphnia* selektioniert (JACOBSEN 1974).

Tab. 13: Nahrungszusammensetzung verschiedener Renken-Populationen

See	Zooplankton	Benthos	Chir.-Pu.	Literatur
Starnberger See	<i>Daphnia</i> (Feb.-Juli, Okt., Nov.) Copep. (Jan., Feb.) <i>Bythotr.</i> (Aug., Sept.)	Chir.-larv. (Feb.-Mai) < 5 %	Sept., Okt.	
Bodensee	<i>Heterocope</i> (Mai-Juni, Okt.-Dez.) <i>Daphnia</i> (Juni-Sept.)	-	-	ELSTER 1933
Achensee	Juni - Januar (keine Gruppenbestimmung)	März-Juni	September	SCHULZ 1979
Königssee	<i>Cyclops abyssorum</i> (April, Juli, Okt.)	Mollusken (Pisidien) (Apr., Juli Oktober)	Oktober	GERSTMEIER 1985

Sieht man von den Wintermonaten Januar, Februar und November ab, so überwiegen zahlenmäßig die Renken mit Mageninhalt deutlich gegenüber solchen, deren Magen ohne Inhalt war (Abb. 39).

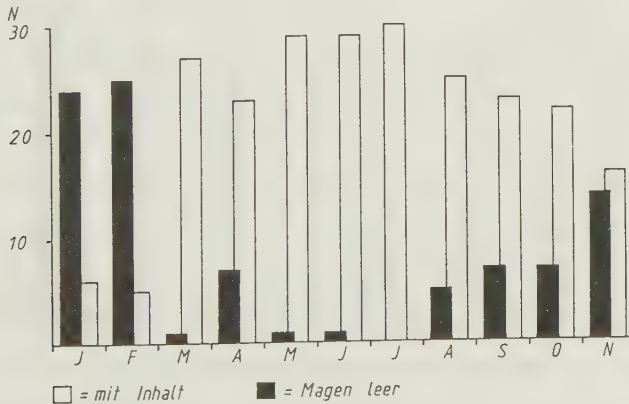


Abb. 39: Verhältnis der Renken mit und ohne Mageninhalt

Die Zeit der geringen Nahrungsaufnahme fällt mit der Laichzeit der Coregonen zusammen, die im allgemeinen mit hoher zeitlicher Übereinstimmung einsetzt. Der Vorgang des Laichgeschäfts wird beschleunigt herbeigeführt, wenn die Oberflächentemperatur des Wassers 7 °C oder weniger beträgt und der Übergang zur Homothermie bevorsteht (s.4.1.2.: Mitte Dezember). Auch volumenmäßig ist der durchschnittliche Mageninhalt der Renken, die zu dieser Zeit gefressen haben gegenüber dem Jahresdurchschnitt wesentlich geringer. Im Juli hatten alle untersuchten Renken gefressen.

Der Anteil von Benthosorganismen am gesamten Nahrungsspektrum (Abb. 40) ist mit maximal 4 % im Februar außerordentlich gering und schwankt um 0.8 %. Es werden nur Chironomidenlarven aufgenommen und zwar fast ausschließlich die großen Larven von *Sergentia coracina*. Chironomidenpuppen werden in nennenswerter Zahl nur während der Haupte mergenz von *Micropsectra contracta* im September und Oktober in den Mägen gefunden.

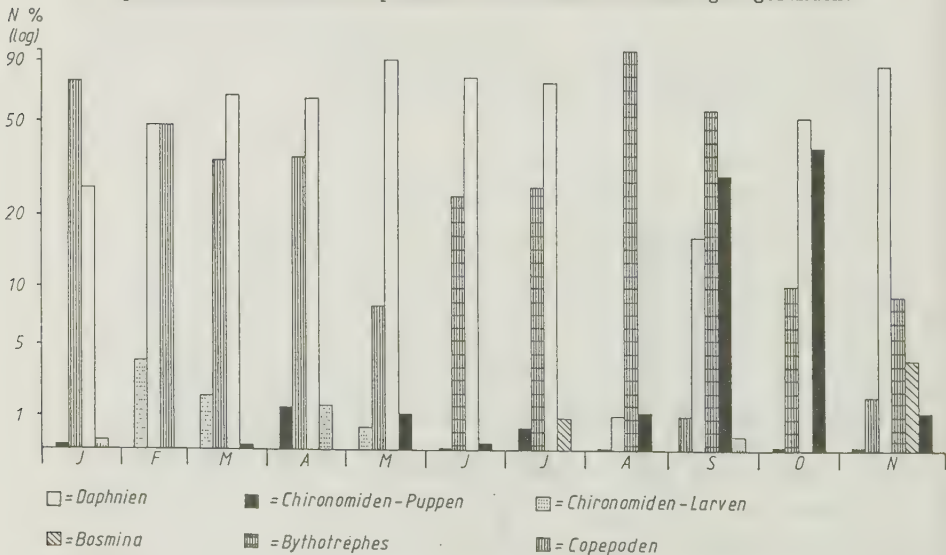


Abb. 40: Aufgliederung der Mageninhalte in Nahrungskomponenten

Zooplankton wird das ganze Jahr über aufgenommen, wobei die Cladoceren (davon wiederum die Daphnien) eindeutig dominieren (die logarithmische Auftragung der %-Werte ist zu beachten!). Relativ stark vertreten sind die Copepoden nur während der Monate Januar bis April, mit einem Maximum von 74 % im Januar. Schon im Februar ist das Verhältnis von Daphnien zu Copepoden gleich und von März bis Juli beherrschen die Daphnien das Nahrungsspektrum. Dieser Zustand ändert sich abrupt im August, wenn *Bythotrephes longimanus* zu 98 % in den Mägen gefunden wird und auch noch im September mit 55 % dominiert (28 % Chironomidenpuppen, 16 % Daphnien). Erst im Oktober gewinnen die Daphnien mit 51 % wieder die Mehrheit, die sie im November auf 84 % steigern. *Bosmina* ist mit 4 % und 0.9 % Anteil nur in den Monaten November und Juli gefunden worden.

Interessanterweise wäre hier noch zu bemerken, daß sich die Renken im Frühjahr (Januar bis Mai) bevorzugt im südlichen Teil des Starnberger Sees aufhalten (KLEIN 1980). Da sich im Frühjahr der Südteil des Sees schneller erwärmt (s.4.1.2.), setzt auch die Zooplankton-Produktion hier wesentlich stärker ein, als im nördlichen Bereich und die Fische wählen zu dieser Jahreszeit hier ihren Aufenthaltsort.

Für die jahreszeitlichen und nahrungsspezifischen Schwankungen sowie die unterschiedlichen Präferenzen sind folgende Erklärungen denkbar:

Unsere einheimischen Süßwasserfische nehmen mehr oder weniger eine gemischte Nahrung zu sich (MUUS & DAHLSTRÖM 1978), Spezialisierungen ergeben sich bei einzelnen Fischen (individuelle Nahrungsspezialisten), und mit Einschränkungen, in der Larvalphase. Im großen und ganzen sind Fische, soweit sie sich von tierischer Nahrung ernähren, Allesfresser, d.h. sie nehmen auf, was im Nahrungsangebot zur Verfügung steht und was sie verschlucken können. Verantwortlich dafür sind die zum Teil jahreszeitlich unterschiedlichen Lebenszyklen der einzelnen Arten.

Die im Profundal zahlenmäßig überwiegende Chironomide *Micropsectra contracta* stellt in den Monaten ihrer Hauptschlüpfzeit September und Oktober in Form ihrer langsam zur Oberfläche steigenden Puppen ein bequem zu fangendes Futter dar.

Da eine Massenentwicklung der Daphnien erst im Frühjahr (März, April) einsetzt, ist der Anteil der kleineren und schnelleren Copepoden, die im Jahresverlauf früher erscheinen, höher. Zu Zeiten, in denen alle Planktongruppen im See vertreten sind, werden die größeren Daphnien bevorzugt gefressen. Der noch größere *Bythotrephes* hat offensichtlich als Räuber eine geringe Bestandsdichte (FLÖBNER 1972); lediglich im August und September führt eine Massenentwicklung dieser Art zu einer Bevorzugung gegenüber den anderen Gruppen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß Renken bei ausreichendem Zooplanktonangebot die größten Arten bevorzugen (Daphnien: März - Juli, Oktober, November; *Bythotrephes*: August und September) und nur in den Wintermonaten, wenn die Cladoceren in geringer Zahl vorhanden sind, auf die kleineren Copepoden zurückgreifen. Diese Aussagen gelten natürlich nur für die Gesamtheit der an einem Untersuchungstermin gefangenen Fische. Zu fast allen Terminen finden sich einzelne Nahrungsspezialisten, die aus der Gesamtheit herausfallen. So überwiegen im Mai die Daphnien eindeutig mit 90 %, ein Fisch hatte aber zu 80 % Copepoden gefressen. Im Juli fanden sich in 24 Fischen Daphnien zu 72 %, jeweils drei Renken hatten zu 100 % bzw. zu über 90 % *Bythotrephes* im Magen. Lediglich im August hatten alle Fische fast ausschließlich *Bythotrephes* gefressen, Daphnien waren nur zu jeweils 5 % in drei Fischen anteilig vertreten. Diese Beobachtung individueller Nahrungsselektion wurde auch im Königssee (GERSTMEIER 1985) und im Schluchsee (LAMPERT 1971) gemacht.

Geprüft wurde auch, ob eine Beziehung der Mageninhalte zu Länge, Ge-

wicht und Geschlecht der Fische besteht, da SCHULZ (1979) bei seinen Untersuchungen von *Coregonus wartmanni* im Achensee fand, daß Renken der Längenklasse von 40-50 cm nur zu 20 % Zooplankton fressen; 65 % entfallen auf Mollusken und 21 % auf Chironomiden (wobei nicht zwischen Larven und Puppen differenziert wurde!). Auch im Königssee nahmen Renken der Längenklasse > 35 cm zu 53 % Benthosnahrung auf (GERSTMEIER 1985). Dies trifft für die Coregonen des Starnberger Sees nicht zu, eine Korrelation des Mageninhaltes mit Länge, Gewicht und Geschlecht der Fische konnte nicht festgestellt werden.

5. DISKUSSION

5.1. Artenspektrum und bathymetrische Verteilung

REISS (1983) vertritt die Ansicht, daß es keine Arten gibt, die in ihrem Vorkommen streng auf die Profundalzone von Seen beschränkt sind, und führt als Beispiel *Micropsectra contracta* an, die eurybath bis in die flachen Uferbereiche hinein vorkommen kann. Ebenfalls werden flache Staubereiche von Fließgewässern besiedelt (GERSTMEIER unveröffentlicht). Trotzdem kann man die beiden *Micropsectra*-Arten im Starnberger See anhand der bathymetrischen Verteilung (Abb. 12) als typische Profundalbewohner bezeichnen.

Die folgende Einteilung nach verschiedenen ökologischen Kriterien ist im wesentlichen BRUNDIN (1949), LAVILLE (1971) und REISS (1968) entnommen.

Eine ausgesprochen eurybathe Verteilung ist von folgenden, im Starnberger See vorkommenden Arten bekannt:

Procladius pectinatus K.
Prodiamesa olivacea (MG.)
Cryptochironomus supplicans (MG.)
Demicryptochironomus vulneratus (ZETT.)
Microtendipes pedellus (DE GEER)
Sergentia coracina (ZETT.) (nach SLACK 1967)
Tanytarsus bathophilus (K.)

Bezüglich der Temperaturansprüche kann man kaltstenotherme Arten:

Macropelopia nebulosa (MG.)
Protanypus caudatus EDW.
Heterotrissocladius marcidus (WALK.)
Psectrocladius fennicus STORA
Microtendipes chloris K.
Sergentia coracina (ZETT.)
Corynocera ambigua ZETT.
Micropsectra contracta REISS
Micropsectra coracina (K.)
Tanytarsus bathophilus (K.)
Tanytarsus lugens (K.)

und eurytherme Arten:

Ablabesmyia monilis (L.)
Prodiamesa olivacea (MG.)
Psectrocladius sordidellus (ZETT.)
Chironomus anthracinus ZETT.
Paracladopelma camptolabis K.

unterscheiden.

Eurytope Arten sind:

Ablabesmyia monilis (L.)
Psectrocladius sordidellus (ZETT.)
Microtendipes pedellus (DE GEER)
Tanytarsus brundini LINDEB.

Arten mit nördlichem Verbreitungsschwerpunkt sind (s.auch FITTKAU & REISS 1978):

Psectrocladius fennicus STORA
Cryptochironomus obreptans (WALK.)
Corynocera ambigua ZETT.

Diese auch in mitteleuropäischen Gewässern als Glazialrelikte vorkommenden, nördlichen Arten stellen meist hohe Ansprüche an Sauerstoff-, Temperatur- und Nährstoffverhältnisse.

Die von BRUNDIN (1949) noch als nördliche Arten angesehenen *Cladotanytarsus atridorsum* (K.), *Micropectra coracina* (K.) und *Tanytarsus lugens* (K.) sind in der Zwischenzeit vielfach in Mittel- und Südeuropa nachgewiesen worden. *Cladotanytarsus atridorsum* (K.) konnte vor kurzem sogar im Libanon (allerdings in 1150 m Höhe) gefunden werden (MOUBAYED & LAVILLE 1983).

5.2. Mittlere und saisonale Abundanzen

Der in Abb. 14a dargestellte jahreszeitliche Verlauf der mittleren Abundanzen aller Chironomidenlarven zeigt Schwankungen im Jahresverlauf und Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsjahren 1980 und 1981.

In den Monaten April und Mai 1980 wurden nahezu doppelt so viele Larven wie in den entsprechenden Monaten 1981 gefunden. Im Februar und März 1982 zeichnet sich wieder ein Anstieg der Abundanz ab. Diese Schwankungen der Abundanzzahlen während eines mehrjährigen Untersuchungszeitraumes konnte von verschiedenen Autoren auch in anderen Seen festgestellt werden (u.a. JONASSON 1970, 1972, LENZ 1954b, LINDEGAARD & JONASSON 1979). Ob im Starnberger See ein gewisser "Zwei-Jahres-Zyklus" vorliegt (alle zwei Jahre werden wieder in etwa dieselben Abundanzzahlen erreicht), könnte nur durch langjährige Untersuchungen geklärt werden.

Da die Larven der Gattung *Micropsectra* im Profundal des Starnberger Sees eindeutig dominant sind, entspricht der Kurvenverlauf für *Micropsectra* praktisch demjenigen aller Chironomidenlarven (Abb. 17 a). Das auffallende Abundanzminimum zwischen Oktober 1981 und April 1982 mit anschließendem Maximum Ende Juni deutet eine Hauptschlüpfzeit im Herbst an. Daß diese Hauptemergenz relativ spät stattfinden muß, ist aus Abb. 29 ersichtlich: Maximale Körperlängen der IV. Larvenstadien - d.h. also verpuppungsreife Larven - werden in beiden Untersuchungsjahren im Oktober erreicht.

Der Kurvenverlauf der Abundanzen in den einzelnen Tiefenstufen stimmt ebenfalls recht gut überein (Abb. 19), was für typische Profundalarten auch zu erwarten ist. Obwohl es sich bei *Micropsectra* um zwei Arten handelt, können die Populationen von *M. contracta* und *M. coracina* in Bezug auf Abundanzschwankungen im Jahresverlauf, Tiefenverteilung und Hauptemergenz als relativ einheitlich bezeichnet werden.

Im Gegensatz zu *Micropsectra* unterliegt der Kurvenverlauf der durchschnittlichen Abundanzen von *Sergentia coracina* starken saisonalen Schwankungen (Abb. 17 b). Da es sich um Durchschnittswerte aus allen Tiefenstufen handelt, sind die Abundanzen für *Sergentia coracina*, die ja

ihre maximale Verbreitung im Profundal des Starnberger Sees zwischen 20 und 70 m hat, vor BERNRIED rein rechnerisch höher, da hier die Tiefen ab 70 m (mit wesentlich geringerer Abundanz) nicht auftreten.

Während im Loch Lomond (Schottland) ab November die Individuenzahlen bis zu einem Minimum im April und Mai sinken (SLACK 1965), ist im Starnberger See eine solche Individuenabnahme nicht erkennbar. Deutliche, saisonale Maxima und Minima sind lediglich in 20 m Tiefe festzustellen (Abb. 20).

Eine saisonale Interpretation der Abundanzen in den einzelnen Tiefenstufen wird auch durch die Tatsache erschwert, daß Junglarven in größere Tiefen abwandern können (WULKER 1961 a,b; KREAMER & HARRISON 1984). Das pelagische Vorkommen und somit eine aktive Wanderung konnte auch für andere Chironomidenlarven nachgewiesen werden (HILSENHOFF 1967, HILTUNEN 1969, WILEY & MOZLEY 1978). SOKOLOWA (1968) beobachtete die aktive Wanderung verpuppungsreifer Larven von *Chironomus plumosus* in denjenigen Tiefenbereich, in dem sie optimales Milieu für ihre Metamorphose finden. Das Auftreten einer möglichen Vertikalwanderung im Starnberger See wurde nicht untersucht.

Sowohl der bimodale Verlauf der Längensklassen (Abb. 26) als auch der Verlauf der Puppenabundanzen (Abb. 16 a) lassen zwei Kohorten erkennen: Eine im späten Frühjahr schlüpfende Kohorte (April, Mai) und eine 2. Kohorte im späten Herbst (September, Oktober), mit wesentlich höheren Puppenabundanzen. Im Starnberger See liegt also eine bivoltine Population von *Sergentia coracina* vor, während die meisten Populationen anderer Seen univoltin sind (AAGAARD 1982, MOTHES 1966, REISS 1968, SCHURCH 1985, STAHL 1966, WULKER 1961 a,b).

Die durch die Längensklassen 3 und 4 repräsentierten IV. Larvenstadien der beiden *Tanytarsus*-Arten erreichen 1981 im August ihr Maximum (Abb.

28). Dieses kontinuierliche Wachstum der Längensklasse 3 von Mitte März (M2) bis August wird auch in Abb. 29 durch die durchschnittliche Larvenlänge der IV. Stadien bestätigt: Maximale Körperlänge wird 1981 im August erzielt, d.h. zumindest ein Teil der Larven ist verpuppungsreif und es kann in den folgenden Monaten mit einer Emergenz gerechnet werden. Die Hauptemergenzen von *T. bathophilus* und *T. lugens* findet also im September und Oktober statt (Abb. 15 b). Eine zweite, geringere Emergenz liegt bei *T. bathophilus* im Mai vor. Bei beiden Arten kann allerdings damit gerechnet werden, daß ein zweijähriger Entwicklungszyklus vorliegt (zu allen Terminen liegen ja IV. Larvenstadien vor) und die Dauer des IV. Larvenstadiums somit ein Jahr beträgt. Die Larven würden sich dann erst im Herbst des folgenden Jahres verpuppen.

5.3. Emergenz

Da das Puppensein nur wenige Tage dauert, findet die Hauptemergenzen der Chironomiden-Imagines im Starnberger See im Herbst (Ende September bis Anfang November) statt (Abb. 14 b). Eine zweite, kleinere Emergenz im Frühjahr (April bis Juni) ist wesentlich geringer. Dieser Kurvenverlauf wird ausschließlich von *M. contracta*, *M. coracina*, *S. coracina*, *T. bathophilus* und *T. lugens* geprägt. Alle anderen Puppen (*Heterotrissocladius*, *Procladius*, *Chironomus* und *Procladius*) kommen nur sporadisch in den Bodenproben vor und ändern am Ergebnis nichts Wesentliches.

In folgender Tabelle (Tab. 14) sind die Schlüpftermine aus Zuchtdateien und den Proben der Oberflächendrift vermerkt.

Tab. 14: Schlüpftermine (Zucht, Oberflächendrift)

Ende Februar:	<i>Protanypus caudatus</i>	
Anfang März:	<i>Procladius pectinatus</i> <i>Protanypus caudatus</i> <i>Demicryptochironomus vulneratus</i>	<i>Chironomus anthracinus</i> <i>Sergentia coracina</i> <i>Tanytarsus bathophilus</i>
Ende März:	<i>Corynocera ambigua</i>	
Anfang April:	<i>Procladius pectinatus</i> <i>Protanypus caudatus</i> <i>Prodiamesa olivacea</i> <i>Heterotrissocladius marcidus</i>	<i>Chironomus anthracinus</i> <i>Sergentia coracina</i> <i>Micropsectra coracina</i> <i>Tanytarsus bathophilus</i>
Mitte April:	<i>Macropelopia nebulosa</i> <i>Chironomus anthracinus</i>	<i>Sergentia coracina</i> <i>Corynocera ambigua</i>
Anfang Mai:	<i>Macropelopia nebulosa</i> <i>Procladius pectinatus</i> <i>Prodiamesa olivacea</i> <i>Psectrocladius barbimanus</i> <i>Psectrocladius fennicus</i> <i>Psectrocladius sordidellus</i>	<i>Chironomus anthracinus</i> <i>Microtendipes chloris</i> <i>Microtendipes pedellus</i> <i>Tanytarsus bathophilus</i> <i>Tanytarsus brundini</i>
Ende Juni:	<i>Chironomus anthracinus</i> <i>Polypedilum pullum</i> <i>Paralauterborniella nigrohalteralis</i>	<i>Sergentia coracina</i> <i>Tanytarsus bathophilus</i>
Anfang August:	<i>Prodiamesa olivacea</i> <i>Heterotrissocladius marcidus</i> <i>Chironomus anthracinus</i> <i>Cryptochironomus obreptans</i>	<i>Cryptochironomus psittacinus</i> <i>Cryptochironomus supplicans</i> <i>Demicryptochironomus vulneratus</i> <i>Sergentia coracina</i>
Ende August:	<i>Ablabesmyia monilis</i> <i>Conchapelopia melanops</i> <i>Psectrocladius psilopterus</i> <i>Cryptochironomus ?denticulatus</i> <i>Cryptochironomus supplicans</i>	<i>Paracladopelma camptolabis</i> <i>Sergentia coracina</i> <i>Cladotanytarsus atridorsum</i> <i>Micropsectra contracta</i> <i>Paratanytarsus dimorphis</i>
September:	<i>Chironomus anthracinus</i> <i>Sergentia coracina</i> <i>Micropsectra contracta</i>	<i>Micropsectra coracina</i> <i>Tanytarsus bathophilus</i> <i>Tanytarsus lugens</i>
Oktober:	<i>Prodiamesa olivacea</i> <i>Sergentia coracina</i> <i>Micropsectra contracta</i>	<i>Micropsectra coracina</i> <i>Tanytarsus bathophilus</i>
Anf. November:	<i>Tanytarsus lugens</i>	

5.4. Parasitierung mit Mermithiden

5.4.1. Allgemeines

Chironomiden werden von zahlreichen Epöken sowie Ento- und Ektoparasiten besiedelt. Die epökisch lebenden Formen, hauptsächlich peritriche Infusorien, gelegentlich aber auch pflanzliche Epöken (Algen, Pilze) siedeln sich ausschließlich auf den Larven an. Milben (vor allem Hydracarienlarven) finden sich dagegen ausschließlich an Chironomidenpuppen und -imagines; Larven werden nie befallen (THIENEMANN 1954). Zu den Entoparasiten gehören Viren, Protozoen, Pilze, Nemathelminthen und Trematoden.

Der wohl erste Nachweis von Nematoden in Chironomidenlarven dürfte von JENYNS stammen, der Fadenwürmer in *Chironomus plumosus* beobachtete (zitiert in: HOPE 1838 <1840>). MIALL & HAMMOND (1900) berichten über folgende, in Larven und Puppen nachgewiesenen Parasitenarten aus "*Chironomus*": *Gordius tolosanus* DUJ., *Mermis albicans* SIEB., *M. acuminata* SIEB., *M. chironomi* SIEB. und *M. crassa* LINST.

Aber auch in den Imagines werden die Parasiten gefunden; die infizierten Larven können sich also verpuppen und die Imago kann noch schlüpfen (THIENEMANN 1954).

Nach ZSCHOKKE (1911) wurden Entwicklungsstadien von *Mermis aquatilis* DUJ. in *Tanypus*-Larven beobachtet. Im Gegensatz hierzu betonen THIENEMANN & ZAVREL (1916) in ihrer Tanypodinen-Monographie, daß sie in Tanypodinenlarven nie *Mermis* nachweisen konnten.

Erste quantitative Angaben über den Befall im Freiland dürften von SVABENIK (1928) notiert worden sein: "Die Larven von *Chironomus thummi*, welche sich hier im Schlamm eines unreinen Baches in Mengen zeigen, sind in etwa 30 % auch durch mehrere Stücke der *Paramermis contorta*

infiziert. Am meisten kommen die Parasiten in den Winter- und Frühlingsmonaten vor."

Quantitative Angaben aus neuerer Zeit stammen aus Kalifornien (CHAPMAN & ECKE 1969), Kanada (HOMINICK & WELCH 1971) und aus der Camargue (POINAR & TOURENQ 1972).

Umfangreiche Untersuchungen liegen zu der von Mermithiden verursachten Intersexualität (REMPEL 1940, SAETHER & GALLOWAY 1980, WULKER 1958 a, 1961 b) sowie vom Eindringen und der Einkapselung des Parasiten vor (GÖTZ 1973 b, 1974 a).

5.4.2. Quantitative Verteilung

Im Starnberger See wurde ein Befall mit Mermithiden in den Larven von *Sergentia coracina*, *Chironomus anthracinus*, *Micropsectra* und *Tanytarsus* festgestellt, wobei fast ausschließlich die IV. Larvenstadien mit einem, seltener mehreren Parasiten in der Leibeshöhle (Abb. 41) infiziert waren.

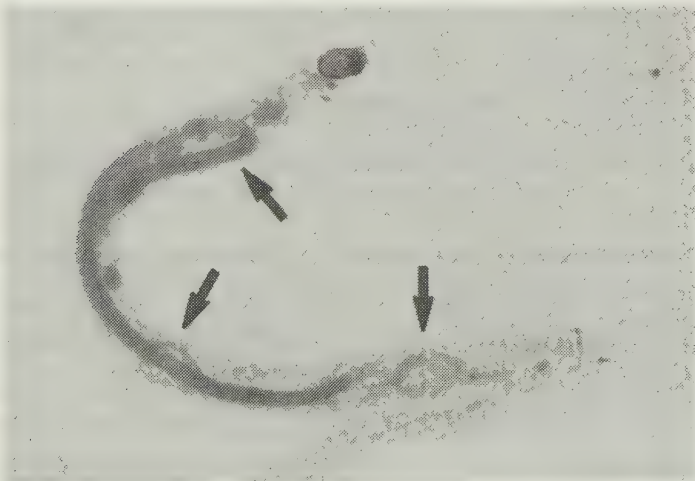


Abb. 41: Fotografie einer parasitierten *Micropsectra*-Larve

Auch REMPEL (1940) stellte bei seinen Untersuchungen in Kanada fest, daß der Parasit nur in reife oder annähernd reife Larven eindringt (Larven des I. und II. Stadiums waren nie infiziert).

Leider war eine Artbestimmung der Parasiten im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, da die Tiere ja aus den alkohol-fixierten Larven stammten und somit die zur Bestimmung wesentlichen Strukturen nicht mehr erkennbar waren. Meist liegen in den Larven auch nur die kaum bestimmbarsten Jugendstadien der Mermithiden vor.

Angaben über die bathymetrische Verteilung infizierter Chironomidenlarven in einem See konnten lediglich bei WULKER (1961 b) gefunden werden: In dem ständig durchmischten Schluchsee kommen infizierte und nicht infizierte Larven bis zur maximalen Tiefe von 63 m einigermaßen gleichmäßig vor. Dagegen finden sich die meisten infizierten Larven im Starnberger See in 40 bis 50 m Tiefe, bei *Sergentia coracina* zusätzlich in 80 m. Diese Verteilung der infizierten Larven ist von der Tiefenverteilung aller IV. Larvenstadien grundsätzlich verschieden, die Parasitierung verläuft also nicht parallel zur Häufigkeit aller Larven in den einzelnen Tiefenstufen (Abb. 33).

Während bei *Micropsectra* und *Sergentia* der Infektionsprozentsatz relativ gering ist (durchschnittlich weniger als 10 %), treten bei *Tanytarsus* zu einzelnen Terminen zu über 50 % befallene Larven auf. Im Lake Itasca (Minnesota) lag die Infektionsrate von *Chironomus plumosus* bei 20 % (JOHNSON 1963). Im Schluchsee fand WULKER (1961 b) einen Befallsprozentsatz der *Tanytarsus*-Larven im April von 50 %, während er im Mai des nächsten Jahres 100 % betrug. Ein Chironomidenbestand kann also durch die Folgen einer Infektion völlig vernichtet werden.

Der geringe Befall von *Chironomus*-Larven könnte dadurch verursacht sein, daß die Parasiten gleich oder nach geringem Anfangswachstum vom

Wirt abgetötet werden (GÖTZ 1964).

Auch POINAR & TOURENQ (1972) fanden in Bewässerungskanälen der Camargue im April sehr hohe Befallsraten: am 2.4. waren 46 %, am 23.4. sogar 56 % der Larven von *Chironomus annularius*, *C. dorsalis* und *C. plumosus* infiziert. Im Mai ging die Parasitierung auf 21 % zurück und im Juli wurden keine infizierten Larven mehr gefunden. Von der übrigen Zeit des Jahres liegen keine Untersuchungen vor. Diese Ergebnisse stimmen mit denen vom Starnberger See recht gut überein: Auch hier gehen die Befallszahlen im Juli sehr stark zurück, maximaler Befall wurde in den Winter- und Frühjahrsmonaten (Februar bis Mai) sowie im Herbst (Oktober, November) festgestellt. Diese Ergebnisse legen eine Synchronisation der Lebenszyklen der Parasiten mit denen der Wirte nahe (HOMINICK & WELCH 1971, POINAR & TOURENQ 1972).

WÜLKER (1961 b) vermutete, daß starker Befall zu einem schwächeren Wachstum der einzelnen Larven führen kann als bei geringerer Befallszahl. Dies trifft im Starnberger See zumindest für die Larven von *Micropectra* und *Tanytarsus* mit Sicherheit nicht zu (s. Tab. 9). Die infizierten Larven sind durchschnittlich sogar länger als die nicht infizierten. Zu gleichen Ergebnissen kommt man, wenn man nicht die Durchschnittswerte (des ganzen Untersuchungszeitraumes) sondern die Körperlängen zu den einzelnen Terminen vergleicht.

5.5. Vergleich der Chironomidenbesiedelung mit anderen Seen

Vorab muß hier bemerkt werden, daß ein Vergleich anhand von Abundanzwerten nur Hinweise geben kann, da Anzahl der Proben, Art der Probenahme (Greifer, Siebnetze), Verteilung der Probestellen und Schwankungen innerhalb eines Jahres sowie zwischen zwei Jahren bei den berücksichtigten Autoren stark variieren.

Als Vergleichssee wird im wesentlichen auf den Bodensee verwiesen, der bisher als einziger See des Alpen- und Voralpengebietes hinsichtlich seiner Chironomidenfauna über einen längeren Zeitraum untersucht wurde (Tab. 15).

Micropsectra contracta ist sowohl im Profundal des Starnberger Sees wie auch des Bodensees (REISS 1968) die dominante Art. Im mesotrophen Zürichsee gehört sie neben *Chironomus anthracinus*, *Sergentia coracina*, Vertretern der *Procladius signatus*-Gruppe sowie *Tanytarsus niger* zu den dominierenden Arten in 20 m bis 40 m (tiefer wurde nicht untersucht) Tiefe (SCHURCH 1985).

Tab. 15: Chironomidenbesiedelung einiger Seen (Ind./m²)

	Artenzahl (insges.)	Artenzahl Profundal	Ø-Abundanz	Abundanz <i>Micropsectra</i>	Autor
Bodensee	168	26	1550	Ø 80m: 1600 max.": 4700	REISS 1968
Zürichsee	72	9			SCHURCH 1985
Lago Maggiore	-	24	281	-	LENZ 1954 b
Starnberger See					
1936	-	5	520	-	LUNDBECK 1936
1940	-	10	-	Ø 80m: 890	PAGAST 1940
1963	-	-	350	-	NAHER 1963
1980 - 1983	49	25	1440	Ø 80m: 900 max.": 3066	vorliegende Studie

Unter Einbeziehung des Litorals ist im Starnberger See durchaus mit einer dem Bodensee entsprechenden Artenzahl zu rechnen. Die Artenzahl im Profundal und die durchschnittlichen Abundanzen aller Chironomidenlarven sowie derjenigen von *Micropsectra* zeigen zwischen diesen beiden Seen eine erstaunliche Übereinstimmung (Tab. 15), nicht jedoch die Phänologie.

Vom bisher bekannten Artenspektrum im Profundal des Starnberger Sees (Tab. 3), sind lediglich *Protanypus caudatus* und *Tanytarsus lugens* nicht aus dem Bodensee gemeldet worden (vgl. REISS 1968), während *Paracladopelma nigrifula* G. (eine typische Profundalart) bisher nicht im Starnberger See gefunden wurde.

5.6. Chironomiden als Indikatoren für die Gewässergüte

Die Larven der Chironomiden erfüllen aufgrund ihrer weiten Verbreitung, ökologischen Differenzierung, geringen Reaktionsbreite gegenüber einer Summe von Umweltfaktoren, relativ langen Lebensdauer und einfachen Aufsammlungsmöglichkeiten die notwendigen Voraussetzungen als Bioindikatoren (FRANK 1983). Sie bilden ökologisch differenzierte Assoziationen, die zur ökologischen und trophischen Charakterisierung von Gewässern herangezogen werden können.

Neben Chironomiden dienen auch Oligochaeten (MILBRINK 1972, BRINKHURST 1974) sowie *Chaoborus*-Larven, Muscheln der Gattung *Pisidium*, Crustaceen (*Mysis*, *Pontoporeia*) und *Sialis*-Larven (JÄRNEFELT 1953, VALLE 1927) als benthische Indikatororganismen in Seen.

Für Fließgewässer wurden schon zu Beginn unseres Jahrhunderts Kataloge pflanzlicher und tierischer Indikatororganismen für unterschiedliche Verunreinigungsgrade erstellt (KOLKWITZ & MARSSON 1902), kontinuierlich verbessert und auf stehende Gewässer ausgedehnt (u.a. LIEBMANN 1947, SLADECEK 1973). Pioniere für die ersten Einteilungen des Trophiestatus von Seen und damit der Seetypenlehre anhand der Chironomidenfauna waren THIENEMANN (u.a. 1920, 1954), LENZ (1925 a, 1927 b), LUNDBECK (1926, 1936) und BRUNDIN (1949, 1956). Diese grundlegenden Arbeiten wurden in heutiger Zeit durch Indices und Bestimmungstabellen verfeinert (v.a. BRINKHURST et al. 1968, SÆTHER 1979, WIEDERHOLM 1973, 1980 a,c, 1981).

Erste Ergebnisse der praktischen Anwendung dieser an skandinavischen und kanadischen Seen entwickelten Modelle beschreibt FRANK (1983) für mehrere Berliner Seen.

SAETHER (1979) findet eine sehr hohe Korrelation zwischen 15 Seetypen, basierend auf Chironomiden-Gemeinschaften und dem Gesamt-Phosphor-Gehalt sowie dem Chlorophyll a-Gehalt (jeweils durch die mittlere Seetiefe dividiert). In Abb. 42 wurde der Starnberger See mit einem "x" eingetragen (Berechnung von Gesamt-P und Chlorophyll a nach LENHART & STEINBERG 1982). Die Zugehörigkeit des Starnberger Sees zum h-mesotrophen Typ, ergibt sich aus dem Bestimmungsschlüssel von SAETHER (1979).

Folgende, nach SAETHER (1979) charakteristische Profundal-Chironomiden kommen im Starnberger See vor:

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1) <i>Protanypus caudatus</i> | α - γ -oligotroph |
| 2) <i>Micropsectra coracina</i> | β - ϵ -oligotroph |
| 3) <i>Tanytarsus lugens</i> | β - ϵ -oligotroph |
| 4) <i>Micropsectra contracta</i> | γ - ζ -oligotroph |
| 5) <i>Tanytarsus bathophilus</i> | γ - ζ -oligotroph |
| 6) <i>Sergentia coracina</i> | γ -oligotroph - λ -eutroph |
| 7) <i>Chironomus anthracinus</i> | ζ -oligotroph - ν -eutroph |

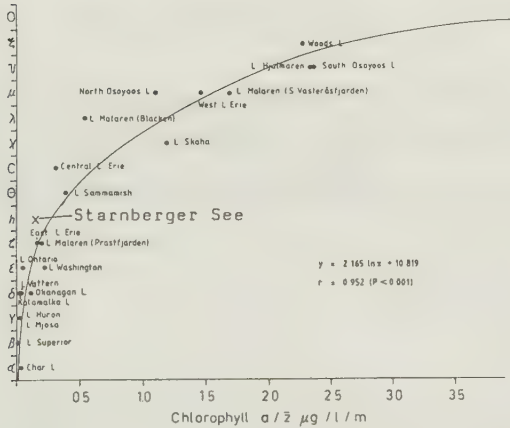
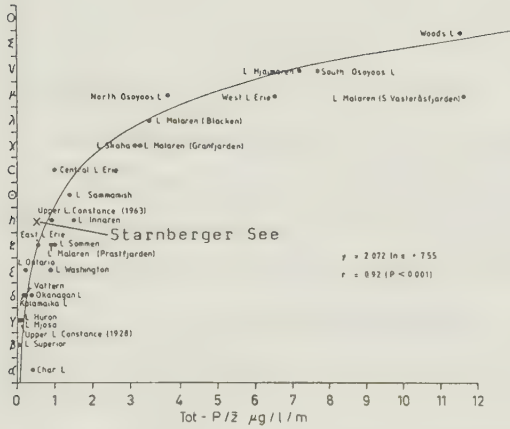


Abb. 42: Korrelation zwischen verschiedenen Seen, basierend auf Chironomiden-Gemeinschaften und Gesamt-P-Gehalt sowie Chlorophyll a-Gehalt (dividiert durch die mittlere Seetiefe; nach SAETHER 1979). Ein "x" markiert die Lage des Starnberger Sees.

Die SAETHER'sche Trophieeinteilung muß nun dahingehend ergänzt werden, daß die Arten 1) bis 5) durchaus auch im mesotrophen See zu finden sind, die Gattung *Micropsectra* sogar in dominanter Abundanz. Dementsprechend genauer charakterisiert WIEDERHOLM (1974) die *Micropsectra*-Arten *M. insignilobis* - *M. groenlandica* - *M. contracta* - *M. "praecox"* = *notescens* gemäß ihrer Tendenz zum mesotrophen Status. Benützt man WIEDERHOLM's (1980 a,c) Benthic Quality Index (BQI; s. Anhang, Tab. A), so errechnet sich für den Starnberger See als Durchschnittswert aus allen Tiefen, Terminen und den beiden Transekten ein BQI von 3.6, was einem mesotrophen bis leicht oligotrophen Status entspricht. Im Prinzip sind also beide Indices zur Trophieindikation geeignet, mit der Bestimmungstabelle von SAETHER (1979) lassen sich feinere Abstufungen erzielen. Der BQI berücksichtigt ja auch nur wenige Arten, was wiederum den Vorteil hat, daß nur diese Arten einer Probe identifiziert werden müssen (CARTER 1980).

Man kann also anhand solcher Indikatororganismen zu guten Ergebnissen kommen; optimal bleibt eine Untersuchung, die neben den biologischen auch chemische und physikalische Parameter zur Beurteilung eines Gewässers berücksichtigt. Hier sind die Modelle von VOLLENWEIDER (1968) und SCHRÖDER & SCHRÖDER (1978) zu erwähnen.

5.7. Seetypenlehre

Die Lehre von den Seetypen wurde von NAUMANN und THIENEMANN unabhängig voneinander und von verschiedenen Ausgangspunkten entwickelt. Während THIENEMANN die qualitative Zusammensetzung der profundalen Chironomidenfauna in ihrer Abhängigkeit speziell vom Sauerstoffstandard studierte, ging NAUMANN von Plankton und Bodensedimenten aus. Die ursprüngliche Gliederung in einen eutrophen und einen oligotrophen Gewässertyp wurde

von THIENEMANN (1925) durch den dystrophen Typus ergänzt. Es zeigte sich bald, daß im großen und ganzen der oligotrophe See (mit einem entsprechend hohen O₂-Gehalt des Tiefenwassers) dem *Tanytarsus*-See (gemeint sind Vertreter der Tanytarsini), der eutrophe See (mit starkem O₂-Schwund des Hypolimnions) dem *Chironomus*-See entspricht (THIENEMANN 1918). Dabei betont THIENEMANN (1954), daß nur die Chironomiden des Profundals zu berücksichtigen sind. Als Übergangsglied zwischen eutrophen und oligotrophen Seen führte NAUMANN (1923) den mesotrophen Typus ein, der den *Stictochironomus*- und *Sergentia*-Seen von LENZ (1925) entspricht. LUNDBECK (1936) erweiterte die Unterteilung des oligotrophen Typus in *Orthocladius*- und *Tanytarsus*-Seen. Hier muß noch erwähnt werden, daß sowohl THIENEMANN als auch LUNDBECK bei ihren Untersuchungen nur von stabil geschichteten Seen mit einheitlicher Tiefenfauna ausgingen.

Eine weitere Untergliederung führte BRUNDIN (1956) ein:

- I *Heterotrissocladius subpilosus*-Seen (ultraoligotroph)
- II *Tanytarsus lugens*-Seen (mäßig oligotroph)
- II/III *Stictochironomus rosenscholdi*- u. *Sergentia*-Seen (mesotroph)
- III a *Chironomus anthracinus*-Seen (mäßig eutroph)
- III b *Chironomus plumosus*-Seen (stärker eutroph)
- IV Dystropher See: *Chironomus tenuistylus*-Seen (oligotroph)

KANSANEN et al. (1984) fordern die Notwendigkeit eines benthischen Seetypensystems anhand der litoralen und/oder sublitoralen Fauna, um auch flache Seen charakterisieren zu können.

Die Schwierigkeiten liegen hierbei zum einen in der Uneinheitlichkeit gegenüber dem Profundal, zum anderen gibt es kaum herausragende, typische Litoralbesiedler (viele Litoralchironomiden sind auch aus Fließgewässern bekannt). Erschwerend kommt noch hinzu, daß die wenigsten litoralen oder sublitoralen Chironomidenlarven bis zur Art bestimmbar sind (*Orthocladiinae*, Tanytarsini, *Procladius*). In der Tabelle SAETHERS

(1979) werden nur charakteristische Litoral- und Sublitoralarten aufgelistet, ohne quantitative Daten zu berücksichtigen. Aber gerade quantitative Angaben über die Besiedelungsdichten der einzelnen Arten sind für die Gewässerbeurteilung unabdingbar. Besonders deutlich wird dies für den Starnberger See, der aufgrund der limnologischen (s. 4.1. und LENHART & STEINBERG 1982) und chironomidologischen (s. 5.6.) Parameter eindeutig als mesotroph eingestuft werden kann. Die typische Chironomiden-Gesellschaft müßte sich demnach im Profundal aus Vertretern der *Stictochironomus rosenscholdi*- bzw. *Sergentia coracina*-Gruppe zusammensetzen. Während *Sergentia coracina* als zweithäufigste Gattung im Profundal vertreten ist, fehlt *Stictochironomus* vollkommen. Aufgrund der deutlichen Dominanz der Gattung *Micropsectra* müßte man den Starnberger See im THIENEMANN'schen Sinne als *Tanytarsus*-See bezeichnen, was in Widerspruch zu oben gesagtem stehen würde. Generell sollte der sehr weit gefaßte Begriff *Tanytarsus*-See heute nicht mehr verwendet werden.

Erklärbar ist diese scheinbare Diskrepanz anhand der Sauerstoffverhältnisse. BRUNDIN (1949) nahm an, daß in mesotrophen Seen der Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers für viele Arten, besonders die kaltstenothermen zum Minimumfaktor wird. Da aber im Starnberger See während des ganzen Jahres eine ausreichende O₂-Versorgung des Hypolimnions gegeben ist, entfällt Sauerstoff als limitierender Faktor und die kaltstenothermen Arten wie *Micropsectra contracta* können sich nicht nur im Profundal behaupten, sondern sogar maximale Abundanzen erzielen. Man kann also den Starnberger See als mesotrophen See mit *Micropsectra contracta* als Leitform sowie *M. contracta*, *M. coracina*, *Sergentia coracina*, *Tanytarsus bathophilus* und *T. lugens* als weitere dominante Arten, bezeichnen. Schon PAGAST (1940) stellte fest, daß *Micropsectra* im Starnberger See von 20 m bis zur größten, von ihm untersuchten Tiefe

(110 m) relativ gleichmäßig vorherrscht. Eine ähnliche Tiefenbesiedelung sollen Ammersee und Walchensee aufweisen und er kommt zu dem Schluß, daß *Micropsectra* die Leitform der Seetiefe für viele tiefe Voralpen- und Alpenseen ist.

Nun zu *Stictochironomus*:

Nur zwei *Stictochironomus*-Larven wurden während einer sporadischen Einzel-Probeentnahme außerhalb der beiden Transekte am 4.3.1983 nördlich Seeshaupt in 20 m gefunden. LUNDBECK (1936) findet *Stictochironomus* bis ca. 45 m im Profundal mit durchschnittlich 12 % der gesamten Chironomidenlarven vertreten. Dagegen vermerkt PAGAST (1940), daß *Stictochironomus* außerhalb des Sandstrandes recht selten ist, dort aber sein Maximum in 15 - 20 m Tiefe hat und unterhalb von 25 m ganz verschwindet. Auch MOTHES findet *Stictochironomus*-Larven im Stechlinsee nur dort, wo sandiger Untergrund vorkommt. Diese Beobachtungen lassen sich in Einklang bringen, wenn man annimmt, daß es sich um zwei Arten handelt. REISS (1968) fand im Bodensee *Stictochironomus pictulus* nicht tiefer als 10 m (könnte im Starnberger See durch das höhere Nährstoffangebot durchaus tiefer gehen) und *Stictochironomus rosenschoeldi* von 20 - 50 m mit einem Maximum von 50 Individuen pro m² (d.h. ca. 1 Larve/Greifer).

Die Besiedelung im Profundal der Voralpenseen mit *Stictochironomus* ist also sehr dünn und die Auswahl als Indikatororganismus erscheint wenig sinnvoll, zumal die Arten dieser Gattung als Larven heute noch nicht einwandfrei bestimmbar sind. Aber gerade Arten und nicht Artengruppen oder Gattungen sind als ökologisch relevante Kategorien zu betrachten, da sich schon nahestehende Arten derselben Gattung sehr verschieden verhalten können (REISS 1968). Außerdem sollte eine Art nicht nur durch ihr bloßes Vorkommen zur charakteristischen Leitform eines Gewässers erklärt werden, sie sollte im Falle unserer geschichteter Seen auch

weite Teile des Profundals besiedeln (MOTHES 1971 b).

Insgesamt gesehen ist ein Seeökosystem zu komplex, als daß man es ausschließlich anhand seiner Artenzusammensetzung charakterisieren kann. Andere biologische und chemische Parameter sollten mit berücksichtigt werden (WIEDERHOLM 1974).

6. Zur Biologie und Taxonomie ausgewählter Gattungen und Arten

Abgesehen von *Sergentia coracina* ZETTERSTEDT muß die Artidentifizierung von Larven durch ältere Autoren sehr kritisch betrachtet werden, da eine Bestimmung der Larven bis zur Art z.B. von *Micropsectra*, *Tanytarsus*, *Procladius* und vielen Orthocladiinen heute noch nicht möglich ist.

6.1. *Micropsectra* KIEFFER

6.1.1. Taxonomische Bemerkungen

Die Gattung *Micropsectra* ist im Starnberger See zahlenmäßig dominant; sie beinhaltet die Arten *M. contracta* REISS und *M. coracina* (KIEFFER). *Lauterbornia* KIEFFER ist synonym zu *Micropsectra* (SÄWEDAL 1982).

Der Nachweis von *M. groenlandica* ANDERS, ebenfalls einer Profundalart mit der im Starnberger See gerechnet werden kann, steht noch aus.

Während die Larven von *M. contracta* und *M. coracina* bis jetzt noch nicht unterschieden werden können, ist die Unterscheidung der Puppen und männlichen Imagines sehr einfach (BRUNDIN 1949, LANGTON 1984, REISS 1965).

6.1.2. Abundanz und Verteilung

Obwohl nie Puppen von *M. coracina* in 20 m und von *M. contracta* in 100 m gefunden wurden, kann davon ausgegangen werden, daß beide Arten das Profundal des Starnberger Sees bis in die maximale Tiefe von 120 m

relativ gleichmäßig besiedeln. Eine leichte Präferenz ist bei *M. coracina* für 40 m und bei *M. contracta* für 70 m festzustellen (s. Abb. 12). Die maximale Abundanz von *Micropsectra*-Larven wurde vor BERNR in 60 m mit 5644 Ind./m² gefunden.

Während im Bodensee *Micropsectra contracta* von 5 - 210 m auftritt, ist *M. coracina* im wesentlichen auf das Litoral von 3 - 12 m beschränkt (REISS 1968). Auch MÜLLER (1952) findet *M. coracina* bei der Untersuchung mehrerer märkischer Seen ausschließlich im Litoral. Dagegen ist die Art in 40 m aus dem finnischen Keitele-See (PAASIVIRTA & SÄRKKÄ 1978) und dem Zürichsee (SCHÜRCH 1985) bekannt. PAGAST (1940) konnte sie im Starnberger See von 7 - 106 m nachweisen, wobei allerdings die größte Dichte in den flacheren Zonen erreicht wurde (wie oben erwähnt ist die Determination allerdings fraglich).

6.1.3. Phänologie

Da das Puppendasein der Chironomiden auf nur wenige Tage beschränkt ist, kann man kurz nach Erreichen von Abundanzmaxima im jahreszeitlichen Verlauf der Puppen mit einer Emergenz rechnen. Maximale Puppenabundanzen treten bei *M. contracta* jeweils Mitte Oktober 1980 und 1981 (1981 ist bereits im September ein starker Anstieg ersichtlich) auf (Abb. 14). Ende November werden keine Puppen mehr gefunden. Die Haupte Emergenz findet somit einmal im Jahresverlauf (Oktober und Anfang November) statt; *M. contracta* ist also eine univoltine Art. Ein geringer Teil der Population schlüpft allerdings bereits im Februar. Abgesehen vom März sind Puppen von Februar bis November vorhanden.

Zeitlich sehr eng begrenzt ist die Emergenz natürlich in Gebirgsseen. Im Gossenköllesee in Österreich schlüpft *M. contracta* gleich nach dem Eisaufbruch im Juli oder August; spätestens Ende September werden keine

Imagines mehr gefunden (ZADERER 1981). In einem Pyrenäen-See findet die Emergenz Ende Juni bis Mitte Juli, vereinzelt bis Ende Juli statt (LA-VILLE 1971).

Dagegen zeigt die Profundalpopulation von *M. contracta* im Bodensee keine erkennbare jahreszeitliche Schlüpfperiodik: Von Anfang April bis Mitte November wurde das ganze Jahr über eine kontinuierliche Emergenz ohne auffällige Maxima beobachtet (REISS 1968).

Offensichtlich kann bei ein und derselben Art in verschiedenen Seen eine ganz unterschiedliche Schlüpfrythmik ausgebildet sein (s. auch 6.2.).

M. coracina zeigt ebenfalls ihre Hauptemergenz im Oktober und November. Ein zweites Auftreten von Puppen im April (1980 deutlicher als 1981) bei gleichzeitigem Fehlen in allen übrigen Monaten, deutet eine Nebenemergenz im April an.

Zwei Schlüpftermine (Mai und September) beobachtete auch REISS (1968) bei der 45 m-Population des Bodensees. Allerdings ist hier das Frühjahrsschlüpfen stärker ausgeprägt. Sowohl im Starnberger See als auch im Bodensee sind die zugrundeliegenden Individuenzahlen sehr gering.

6.1.4. Biomasse und Produktion

Der Verlauf der Biomassekurven (Abb. 31 a) entspricht in etwa dem Verlauf der mittleren Abundanz (Abb. 17 a). Ende August nimmt die Biomasse stark ab, die negative Produktion (Tab. 6) erreicht ihren maximalen Wert. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit der Phänologie: Die verpuppungsreifen Larven haben offensichtlich im August ihr Wachstum eingestellt, erste Puppen verlassen das Benthon und die Produktion wird negativ. Die Zeit vor Eintritt der Verpuppungsreife (Juni, Juli) ist

durch maximale Biomasse und maximale Produktion gekennzeichnet. Die durchschnittliche turnover-Rate beider Jahre (2.6 bzw. 1.2) entspricht genau dem von WELCH (1976) angegebenen Wert für "*Lauterbornia*" sp. (= *Micropsectra*) (P/B = 1.9). Demgegenüber ist die P/B-Rate von *Micropsectra contracta* aus dem alpinen Gossenköllesee in Tirol mit 4.13 mehr als doppelt so hoch (PECHLANER & ZADERER 1985).

6.2. *Sergentia coracina* (ZETTERSTEDT)

6.2.1. Taxonomische Bemerkungen

Sergentia coracina ist eine der wenigen Chironomidenarten, die auch als Larve leicht zu bestimmen ist. Charakteristische Merkmale sind das Mentum, die Prämandibeln und die Mandibeln. Die beiden letztgenannten Merkmale eignen sich zur Unterscheidung von *Sergentia longiventris* KIEFFER, einer Flachwasserart, die vorwiegend im Schlamm polyhumoser Seen und Tümpel (NEVERS 1972), in Quellen (FITTKAU, pers. Mitt.) und kleinen, sauren Waldseen (MOSSBERG & NYBERG 1979), aber auch im Litoral (- 9 m) subarktischer, oligotropher Seen (AAGAARD 1978 b) zu finden ist. *Sergentia coracina* kommt ebenfalls in sauren (pH 3.9 - 4.6) Seen vor (WIEDERHOLM & ERIKSSON 1977 b). Neben den rein morphologischen Merkmalen lassen sich die Larven dieser beiden Arten auch anhand des Chromosomenbaus (Cytotaxonomie) eindeutig unterscheiden (NEVERS 1972).

Die vielfach, auch noch in den letzten Jahren, in der Literatur zu findende Synonymisierung von *Sergentia* KIEFFER mit *Phaenopsectra* KIEFFER (u.a. AAGAARD 1982, RADDUM & SAETHER 1981) ist nicht gültig (ASHE 1983). Die Larven von *Sergentia coracina* lassen sich anhand der oben genannten Merkmale leicht von Larven der Gattung *Phaenopsectra* trennen.

Die in der älteren Literatur teilweise mit *Sergentia* und *Phaenopsectra* synonymisierte Gattung *Lenzia* KIEFFER ist synonym zu *Phaenopsectra* (GOETGHEBUER 1928).

Ein Vergleich amerikanischer mit europäischen *Sergentia coracina*-Populationen zeigte, daß diese genetisch deutlich isoliert sind und zwei getrennte Unterarten bilden (NEVERS 1972).

6.2.2. Abundanz und Verteilung

Sergentia coracina hat ihre maximale Verbreitung im Profundal des Starnberger Sees in 20 m Tiefe (s. Abb. 13), wobei im Sublitoral noch höhere Abundanzen zu erwarten sind (PAGAST 1940: größte Besiedelungsdichte zwischen 10 und 20 m). Die Besiedelung von 60 m bis 120 m Tiefe ist sehr gering. Der Höchstwert in 20 m betrug 2089 Larven/m², der Durchschnittswert über alle Tiefen und Termine 334 Larven/m². Ein Vergleich mit anderen Seen wird in Tab. 16 aufgelistet.

Tab. 16: Besiedelung von *Sergentia coracina* in verschiedenen Seen

	Lit.	Tiefenbereich(m)	Ø-Abundanz/m ²	Max.Abundanz/m ²
Starnberger See	1	12 - 75	140	-
Starnberger See	2	10 - 96	142	-
" (1980-1982)	-	20 - 120*	334	2089
Stechlinsee	3	20 - 68*	38	204
Bodensee	4	7 - 100	200	1100
Zürichsee	5	9 - 40	66	212
Crooked Lake	6	8 - 32*	3508	12441
Lake Matamek	7	8 - 90	150-400	6000

* = Maximaltiefe; 1) LUNDBECK 1936 2) PAGAST 1940 3) MOTHES 1966 4) REISS 1968
5) SCHÜRCH 1985 (Daten anhand von Fangtrichtern) 6) STAHL 1966
7) KREAMER & HARRISON 1984

6.2.3. Phänologie

Der Kurvenverlauf der Puppenabundanzen von *Sergentia coracina* (s. Abb. 14) zeigt im Jahresverlauf zwei unterschiedliche Maxima: Hohe Abundanzen im Herbst (Oktober 1980, September 1981) und deutlich niedrigere Werte im Frühjahr (April 1980, Mai 1981). Es handelt sich somit auf jeden Fall um eine bivoltine Population, die zum Teil noch sehr spät im Jahr (Oktober 1980) schlüpft. Weitere Schlüpftermine (s. Tab. 14) deuten an, daß Teilpopulationen mehr oder weniger das ganze Jahr über schlüpfen. Dieser späte Schlüpftermin wurde bisher nur von MOTHES (1966) für die litoralen Tiere des Stechlinsees beobachtet, die vorwiegend im Oktober schlüpfen. In nördlichen Regionen (Skandinavien) findet die Emergenz im Sommer, manchmal im Herbst (spätestens September) statt (AAGAARD 1978 a, BRUNDIN 1949). Sowohl im Bodensee (REISS 1968), Titisee, Feldsee (WULKER 1961 a) und Zürichsee (SCHURCH 1985), als auch im nordamerikanischen Crooked Lake (STAHL 1966) ist *Sergentia coracina* univoltin, mit einer Hauptemergenz von April bis Mai. Allerdings vermutet REISS (1968) bei günstigen Bedingungen eine zweite Generation, die im August schlüpft.

Ein einjähriger Entwicklungszyklus mit zwei Schlüpfterminen ist im Profundal des Starnberger Sees sehr unwahrscheinlich, da ja zu allen Terminen IV. Larvenstadien vorhanden sind. Nach einer Emergenz dürften aber zumindest die nächsten 1-2 Monate keine IV. Larvenstadien gefunden werden (Abb. 43).

Möglich wäre ein einjähriger Entwicklungszyklus bei Trennung in zwei Kohorten, wobei die eine im Frühjahr, die andere im Spätherbst schlüpft. Allerdings berechnete AAGAARD (1982) für Larven der Größe von *Sergentia coracina* bei 4-5 °C eine Entwicklungszeit von 500-800 Tage.

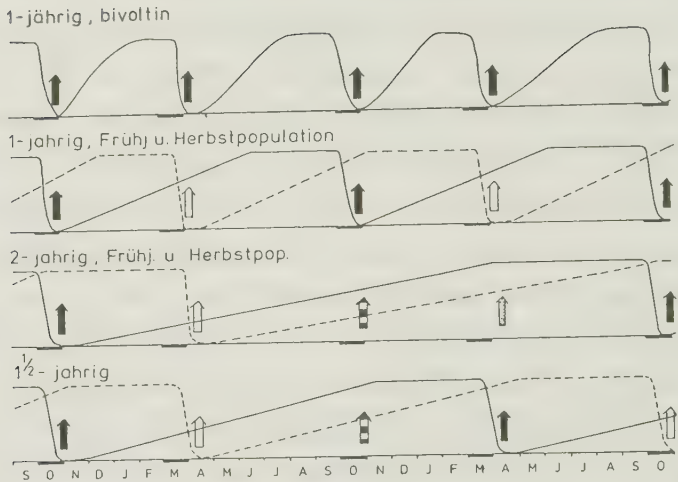


Abb. 43: Mögliche Entwicklungszyklen

Denkbar wäre somit ein 2-jähriger oder $1\frac{1}{2}$ -jähriger Entwicklungszyklus. Über die Möglichkeit eines $1\frac{1}{2}$ -jährigen Entwicklungszyklus - die Frühjahrspopulation schlüpft im Herbst des nächsten Jahres - finden sich in der Literatur keine Hinweise.

JONASSON (1965) berichtet über einen 2-jährigen Entwicklungszyklus von *Chironomus anthracinus* im Esrom-See, wobei allerdings ein Teil der Population nach einem Jahr schlüpft.

Ein zweijähriger Entwicklungszyklus mit nur einem Emergenztermin liegt im Titisee vor (WÜLKER 1961 a). Im norwegischen Langvatn kann der Lebenszyklus von *Sergentia coracina* zwei oder drei Jahre dauern (AAGAARD 1982). Eine mehr als zwei- bis dreijährige Entwicklung, wie sie BUTLER (1982 a) für zwei, in Tundrateichen Alaskas vorkommende *Chironomus*-Arten (7 Jahre!) beschreibt, ist im Starnberger See ausgeschlossen.

Genaue Angaben über die Dauer des Entwicklungszyklus sind in diesem Fall nur durch Laborzuchten zu erzielen.

6.2.4. Biomasse und Produktion

Maximale Biomasse und Produktion (Tab. 7) werden im Februar (1981) bzw. im April (1980) erreicht und auch das durchschnittliche Larvengewicht ist im Februar/März bzw. April (1980) am höchsten. Dieses Ergebnis läßt sich mit der Frühjahrsemergenz in Einklang bringen (negative Produktion im April und Mai). Das Larvenwachstum (keine Produktion) wird offensichtlich bereits Ende Februar eingestellt.

Negative Produktion Ende August/September 1981 kennzeichnet die zweite Emergenzphase im Herbst, die 1980 (Emergenz im Oktober) entsprechend verschoben ist. Im Oktober und November (sowie Dezember 1980) erfolgt in beiden Jahren nach der Emergenz ein Anstieg von Biomasse und Produktion.

Die durchschnittliche Produktion von 3.3 g/m^2 in beiden Jahren ist etwas höher als die Angabe von 2.3 g/m^2 im nährstoffarmen Langvatn in Norwegen (AAGAARD 1982).

6.2.5. Abberation des Mentums

Über das Auftreten eines unpaaren Mittelzahnes im Mentum von *Sergentia coracina* berichtet bereits WÜLKER (1961 a). Während diese Unpaarigkeit für die I. Larvenstadien typisch ist, findet sie sich als Anomalie auch bei einzelnen älteren Larven.

Der Anteil von deformierten *Chironomus*- und *Procladius*-Larven an der gesamten Chironomidenfauna, betrug im kanadischen Pasqua Lake zwischen 2.26 und 3.13 % (WARWICK 1980). Deformationen wurden vor allem in Mentum und Ligula, aber auch in anderen Mundteilen gefunden und WARWICK (1980) vermutet den stark eutrophen Zustand sowie die Auswirkungen von landwirtschaftlicher und industrieller Verschmutzung als Ursache.

Direkte Tests führte CUSHMAN (1984) mit aus Kohle verflüssigten Ölen durch, wobei Abberationen des Mentum-Mittelteiles signifikant von der verabreichten Dosis abhingen. Während in subfossilem Material kaum Abberationen auftraten, wurden diese vermehrt in verschmutzten Seen u.a. bei *Chironomus*, *Micropsectra* und *Tanytarsus* beobachtet (WIEDERHOIM 1984).

Im ganzen Untersuchungszeitraum wurden im Starnberger See nur ca. 8 Larven mit unpaarem Mittelzahn gefunden, was durchaus im natürlichen Variationsspektrum liegt und kaum auf industrielle Verschmutzung zurückzuführen ist.

6.3. *Tanytarsus* v.d.WULP

6.3.1. Taxonomische Bemerkungen

Entsprechend der Situation innerhalb der Gattung *Micropsectra* KIEFFER, können auch die Larven der im Starnberger See gefundenen Arten der Gattung *Tanytarsus* v.d.WULP nicht unterschieden werden.

Aufgrund der in den Proben gefundenen Puppen und den aus Zuchten stammenden Imagines, konnten bis jetzt im Profundal die Arten *T. bathophilus* (KIEFFER) und *T. lugens* KIEFFER nachgewiesen werden. Die in den Driftproben nachgewiesene Flachwasserart *T. brundini* LINDBERG dürfte kaum im Profundal vorkommen.

6.3.2. Abundanz und Verteilung

Die bathymetrische Verteilung der *Tanytarsus*-Arten ist derjenigen von *Sergentia coracina* sehr ähnlich (Abb. 13). Die maximale Abundanz von 1955 Ind./m² wird in 20 m erreicht. Ab 60 m ist die Besiedelung sehr dünn.

Tanytarsus bathophilus (= *Calopsectra tripunctata* REISS 1968) besiedelt den Bodensee in geringer Abundanz ziemlich gleichmäßig von 5-30 m

Tiefe (REISS 1968). Im Zürichsee (SCHÜRCH 1985) kommt *T. bathophilus* bis 25 m vor und erzielt maximale Abundanzen (172 Ind./m²) in 15 m Tiefe. Im Piburger See ist die Art auf den Tiefenbereich um 7 m beschränkt (SCHLOTT 1976).

Neuere Angaben über *Tanytarsus lugens* liegen kaum vor. Diese kaltstenotherme, wahrscheinlich nördliche Art ist nach BRUNDIN (1949) in südschwedischen und mitteleuropäischen stabil geschichteten und sauerstoffreichen Seen ein stenobather Profundalbewohner. Gegen diese Annahme spricht der Fund von Imagines am Gartensee (nördliche Osterseen), einem knapp 14 m tiefen, kleinen See (REISS 1984), sowie im Litoral des norwegischen Øvre Heimdalsvatn (AAGAARD 1978 b).

6.3.3. Phänologie

Puppen von *Tanytarsus lugens* wurden ausschließlich im September und Oktober gefunden (Abb. 14). Es handelt sich also im Profundal des Starnberger Sees um eine univoltine Art, die im Herbst schlüpft. POTTER & LEARNER (1974) berichten über einen trivoltinen Rhythmus in einem flachen, eutrophen Stausee in Süd-Wales.

Noch später als *T. lugens* scheint *T. bathophilus* zu schlüpfen, denn 1980 konnten noch Anfang November Puppen in den Proben nachgewiesen werden. Eine zweite, nicht so starke Emergenzphase kann im späten Frühjahr (April - Juni) beobachtet werden. Auch REISS (1968) und SCHLOTT (1976) konnten zwei Schlüpfperioden im Jahr feststellen.

6.3.4. Biomasse und Produktion

Biomassen- (Abb. 31 c) und Abundanzkurven (Abb. 18 a) stimmen relativ gut überein (es muß ja berücksichtigt werden, daß es sich um zwei Arten handelt). Wie bei den zuvor behandelten Arten, fällt auch bei *Tanytarsus* die maximale negative Produktion (Tab. 8) im September und Oktober mit der Hauptemergenz beider Arten zusammen. Nach dieser Emergenz erfolgt sofort ein Anstieg von Biomasse und Produktion.

POTTER & LEARNER (1974) geben für *Tanytarsus lugens* eine durchschnittliche Biomasse von 320 mg Trockengewicht/m² an. Nach DERMOTT & PATERSON (1974) haben Larven mit ca. 0.8 mg Naßgewicht ein Trockengewicht von 18 %. Danach läge der, für den Starnberger See umgerechnete Durchschnittswert (1980/1981) von 126 mg Trockengewicht/m² deutlich niedriger als in dem eutrophen und flachen Stausee in Süd-Wales.

6.4. *Protanypus* KIEFFER

Die Larven der Gattung *Protanypus* spielen bei der Charakteristik der Tiefenfauna europäischer Seen eine wichtige Rolle. Sie sind als Indikatoren eines oligotrophen, sauerstoffreichen Milieus zu betrachten (BRUNDIN 1952). Allerdings bereitet die Bestimmung der Jugendstadien bis zur Art Schwierigkeiten.

Protanypus-Larven sind seit langem aus dem Lunzer Untersee bekannt (LENZ 1925 b). Später kamen weitere Larvenfunde aus anderen Alpen- und Voralpenseen hinzu: Eibsee, Starnberger See, Ammersee, Walchensee, Bodensee, Plansee, und Weißensee (Kärnten). THIENEMANN (1950) identifizierte die Lunzer Population anhand einer männlichen Puppe als *P. morio* (ZETTERSTEDT). BRUNDIN (1952) fing an einem kleinen See am Grimselpaß (Schweiz) ein Männchen und eine Exuvie einer *Protanypus*-Art, die identisch mit dem Lunzer Material war, aber weder mit *P. morio* noch mit *P.*

caudatus EDWARDS übereinstimmte, sondern zu der von PAGAST (1947) im Starnberger See gefundenen Art *P. forcipatus* (EGGER) paßte. BRUNDIN (1952) vertrat die Ansicht, daß die nördlichen Arten *P. morio* und *P. caudatus* höchstwahrscheinlich in den Seen der Alpen überhaupt nicht vertreten sind.

Dem muß widersprochen werden, nachdem der Bodensee als erster sicherer Nachweis von *P. morio* im Alpenraum gilt (REISS 1968). *P. caudatus* wurde im Königssee (26.4.1957; leg. W. ENGELHARDT, zit. in REISS 1984), in der Oberflächendrift eines Innstausees (6.4.1978; REISS & KOHMANN 1982) und in drei Seen des Osterseengebietes (16.3.-16.4.1980; REISS 1984) nachgewiesen und zeigt somit ein deutliches boreomontanes Verbreitungsbild.

Eine Bestimmung von Puppenexuvien des Lunzer Untersees (2 Puppenexuvien, ZSM) anhand der Bestimmungstabelle von SAETHER (1975 d), ergab aufgrund der Thorakalhörn-Länge einmal *P. caudatus*, zum anderen *P. forcipatus*. Da EGGER (1863) lediglich die männliche Imago beschrieb, erfolgte die Zuordnung der bisher unbekannten Puppe von *P. forcipatus* wohl von BRUNDIN (1952). GOETGHEBUER (1939) vermutete allerdings die Identität von *P. forcipatus* mit *P. caudatus*. Hier könnte nur Zuchtmaterial eine eindeutige Klärung bringen.

Nicht publiziert ist der Fund von *P. caudatus* in der Amper bei Schöngesing/München (15.4.1981; leg. W. SCHACHT; ZSM). Über ein Vorkommen von *P. forcipatus* in der Alz bei Seebruck (30.10.1981; leg. E.J. FITTKAU; ZSM), berichtet BURMEISTER (1985).

LENZ (1927) berichtet über *Protanypus*-Funde in norwegischen Hochgebirgsseen aus 1-1.5 m Wassertiefe. MAKARCHENKO (1982) fand die in Gehäusen lebenden Larven und Puppen von *P. caudatus* an ruhigen, schwach fließenden Stellen mit aufsteigendem Grundwasser im Uglikan-Fluß (Sibirien). Es stellt sich nun die Frage, ob es sich bei den europäischen

verbreiteten *Protanypus*-Arten tatsächlich um charakteristische Vertreter der profundalen Chironomidengesellschaften tiefer, nährstoffarmer Seen handelt oder ob von einer eurybathen Verteilung ausgegangen werden muß.

Im Starnberger See besiedelt *Protanypus caudatus* das Profundal von 20 m bis 60 m Tiefe in ausgesprochen geringen Individuendichten (Maximum 44 Ind./m² in 30 bzw. 40 m). Die Imagines schlüpfen sehr früh im Jahr (aus Zucht: 26.2.1982). Ob es sich allerdings um eine strikt univoltine Art handelt, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, da eine Puppe auch in einer Probe vom 15.10.1980 gefunden wurde.

6.5. *Corynocera ambigua* ZETTERSTEDT

Das Auftreten dieses Glazialrelikts im Starnberger See gilt als erster rezenter Nachweis aus dem Alpengebiet (REISS & GERSTMEIER 1984). Subfossil konnte im Schweizer Lobsigensee die verwandte Art *Corynocera oliveri* LINDBERG nachgewiesen werden (HOFMANN 1984). Im Starnberger See wurden in Proben der Oberflächendrift Puppen, Puppenexuvien und Imagines gefunden. Während am 24.3.1984 nur vereinzelte weibliche Imagines in der Seemitte auftraten, stellte die Art am 17.4.1983 am Seeufer bei GARATSHAUSEN mit 53 % relativer Abundanz die dominante Chironomide dar. Das Verhältnis von Weibchen zu Männchen betrug 68 % zu 32 %. Am 22.4.1984 war die Art bei GARATSHAUSEN in der Oberflächendrift am Ufer zahlreich mit einem ausgeglichenen Geschlechterverhältnis von 53 % Weibchen zu 47 % Männchen vertreten.

Die nach MOTHES (1968) stenöken Larven stellen hohe Lebensansprüche an die O₂- und Nährstoffverhältnisse (zerfallende submerse Wasserpflanzen). Sie bewohnen die Schlammflächen des Litorals in Tiefen bis ca. 7 m, wobei maximale Individuenzahlen von 60000 Larven pro m² erreicht werden (LINEVICH 1962).

7. ZUSAMMENFASSUNG

Während einer 1¹/₂jährigen Untersuchungszeit (15.10.1980 - 12.3.1982) wurden in 3-4wöchigem Abstand im Profundal des Starnberger Sees quantitative Benthosproben genommen sowie verschiedene limnologische Parameter gemessen.

Allgemeine limnologische Kennzeichen des Sees (Temperatur, Sauerstoff, pH) werden dargestellt und diskutiert. Der Starnberger See gehört hinsichtlich seiner Thermik zu den holomiktischen und dimiktischen Seen. Ein Sauerstoffmangel im Freiwasser tritt zu keiner Jahreszeit auf.

Insgesamt konnten 25 Chironomidenarten im Profundal des Starnberger Sees nachgewiesen werden.

Die Larven der Gattung *Micropsectra* KIEFFER gelten aufgrund ihrer bathymetrischen Verteilung und der Abundanzen als typische Bewohner des Profundals des Starnberger Sees.

Die saisonale Veränderung der mittleren Abundanzen, die Größen- und Längenverteilung sowie die Phänologie der häufigsten Chironomidenarten werden dargestellt.

Eine maximale Abundanz wurde in 60 m Tiefe mit 5644 *Micropsectra*-Larven/m² gefunden. Die durchschnittliche Individuendichte der Chironomidenlarven insgesamt betrug für den gesamten Untersuchungszeitraum 1440 Ind./m².

Für Februar und August 1982 werden Abundanzzahlen von Oligochaeten, Planarien, Ceratopogoniden und großen Mermithiden gegeben.

Durchschnittliche Biomasse, Produktion und turnover-Raten betrugen für *Micropsectra*: B 10.1 g/m², P 21.2 g/m², P/B 1.27, für *Sergentia coracina*: B 6.85 g/m², P 3.32 g/m², P/B 0.48 und für *Tanytarsus*: B 700 mg/m², P 421.4 mg/m², P/B 0.63.

Die Chironomidenbesiedelung des Starnberger Sees wird mit derjenigen anderer Seen verglichen und die Eignung profundaler Chironomidenarten als Indikatoren für die Gewässergüte sowie die Anwendung der Seetypenlehre werden diskutiert. Der Starnberger See kann als mesotropher See mit *Micropsectra contracta* als Leitform bezeichnet werden.

Die quantitative Untersuchung der Parasitierung der Chironomidenlarven mit Mermithiden zeigte, daß nur Larven der Gattungen *Micropsectra* (<5 %), *Sergentia* (< 10 %) und *Tanytarsus* (z.T. > 50 %) in nennenswertem Maße befallen sind. Eine Beeinträchtigung des Wachstums der infizierten Larven wurde nicht festgestellt.

Die Ergebnisse der Magenuntersuchungen weisen die Renken (*Coregonus* sp.) des Starnberger Sees als ausgesprochene Zooplanktonkonsumenten aus, wobei jahreszeitliche Unterschiede im Nahrungsspektrum auftreten.

8. DANKSAGUNG

Herrn Dr. habil E.J. FITTKAU, Direktor der Zoologischen Staatssammlung München, danke ich für die Überlassung eines Arbeitsplatzes, Themenstellung, Betreuung und die stets großzügige Unterstützung bei vielen technischen Problemen.

Mit ergänzendem Rat stand mir Prof. Dr. O. SIEBECK, Zoologisches Institut, zur Seite.

Ganz besonders danke ich Herrn Dr. F. REISS (ZSM) für das große und beständige Interesse an meiner Arbeit, die Unterstützung beim Einarbeiten in die Taxonomie der Chironomiden und für seine unbestechliche Kritik.

Ohne die uneingeschränkte Hilfe der Mitarbeiter der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei in Starnberg (Boot, Geräte, Fischuntersuchungen), insbesondere von Herrn Dipl.-Biol. M. KLEIN und Herrn KUNZEL (EDV), wäre an eine erfolgreiche Durchführung dieser Arbeit nicht zu denken gewesen.

Viele Freunde und Kollegen nahmen an der Arbeit großen Anteil:

Mein Freund Paul JÄGER entwickelte die elektrische Motorwinde, Dr. Irene WAGNER-DÖBLER half bei zahlreichen Probenahmen tatkräftig mit, Dr. Fritz KOHMANN übte in vielen Diskussionen konstruktive Kritik und erleichterte die Arbeit mit "Wordstar" am Computer. Dr. KRAFT (ZSM) ermöglichte die Textverarbeitung durch Leihgabe seines "Apple II e". Dr. STEINBERG und Dr. LENHART (Bay. Landesamt für Wasserwirtschaft) versorgten mich mit limnologischen Daten des Starnberger Sees. Prof. Dr. W. WÜLKER (Universität Freiburg) führte die cytotaxonomische Bestimmung von *Chironomus anthracinus* ZETT. durch, Dr. P. CRANSTON (British Museum, National History) bestimmte einige Orthocladini. Ihnen allen sei hier mein

herzlichster Dank ausgedrückt.

Die Dissertation wurde durch ein Stipendium nach dem Graduiertenförderungsgesetz (1.3.80-28.2.81) gefördert.

9. LITERATUR

- AAGAARD, K. (1978 a): The chironomids of Lake Malsjøen. A phenological, diversity, and production study. - Norw. J. Ent. 25, 21-37.
- - (1978 b): The *Chironomidae* of the exposed zone of Øvre Heimdalsvatn. - Holarc. Ecol. 1, 261-265.
- - (1982): Profundal chironomid populations during a fertilization experiment in Langvatn, Norway. - Holarc. Ecol. 5(3), 325-331.
- AMMANN, H. (1912): Physikalische und biologische Beobachtungen an ober-bayerischen Seen. - Diss.Königl.Tech.Hochsch.München.
- ANDERSON, R.O. (1959): A modified flotation technique for sorting bottom fauna samples. - Limnol. Oceanogr. 4, 223-225.
- ASHE, P. (1983): A catalogue of chironomid genera and subgenera of the world including synonyms (*Diptera: Chironomidae*). - Ent.scand. Suppl. 17, 1-68.
- BANSE, K., MOSHER, S. (1980): Adult body mass and annual production/biomass relationships of field populations. - Ecol.Monogr. 50(3), 335-379.
- BAZZANTI, M. (1981): Survey of the macrobenthic community in an area of Lake Bracciano (Central Italy). - Boll.Zool. 48, 295-303.
- BERG, K. (1938): Studies on the bottom animals of Esrom Lake. - K.danske Vidensk.Selsk.Naturv.Math.Afd. 8, 1-255.
- BERG, J. (1979): Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (*Gobiidae*). - Marine Biol. 50, 263-273.
- BRAND, F. (1896): Über die Vegetationsverhältnisse des Würmsees und seine Grundlagen. - Botan.Centralblatt Bd. 1, 1-13.
- BRINKHURST, R.O. (1974): The benthos of lakes. - The McMillan Press Ltd., London, Basingstoke.
- BRINKHURST, R.O., HAMILTON, A.L., HERRINGTON, H.B. (1968): Components of the bottom fauna of the St. Lawrence, Great Lakes. - Univ.Toronto, Great Lakes Inst.Prelim.Rep. 33, 50 S.
- BRUNDIN, L. (1949): Chironomiden und andere Bodentiere der südschwedischen Urgebirgsseen. - Rep.Inst.Freshw.Res.Drottningholm 30, 1-914.
- - (1952): Zur Kenntnis der Taxonomie und Metamorphose der Chironomidengattungen *Protanypus* KIEFF., *Prodiamesa* KIEFF. und *Monodiamesa* KIEFF. - Rep.Inst.Freshw.Res.Drottningholm 33, 39-53.

- BRUNDIN, L. (1956): Die bodenfaunistischen Seetypen und ihre Anwendbarkeit auf die Südhalbkugel. Zugleich eine Theorie der produktionsbiologischen Bedeutung der glazialen Erosion. - Rep.Inst.Freshw.Res.Drottningholm 37, 186-235.
- BRYCE, D., HOBART, A. (1972): The biology and identification of the larvae of the *Chironomidae* (Diptera). - Entomologist's Gazette 23, 175-217.
- BURMEISTER, E.-G. (1985): Ergebnisse einer Bestandsaufnahme wasserbewohnender Tiere der Oberen Alz (Chiemgau, Oberbayern) - 1982 und 1983 - mit einem Beitrag zur Köcherfliegenfauna Oberbayerns (*Insecta, Trichoptera*) (III. Die Köcherfliegen der Oberen Alz). - Berichte der ANL 9/1985 (im Druck).
- BUTLER, M.G. (1982 a): A 7-year life cycle for two *Chironomus* species in arctic Alaskan tundra ponds (Diptera: *Chironomidae*). - Can.J.Zool. 60(1), 58-70.
- CADWALLADER, P.L. (1975 d): The food of the New Zealand common river galaxias, *Galaxias vulgaris* STOKELL (*Pisces: Salmoniformes*). - Aust. J.mar.Freshwat.Res. 26, 15-30.
- CARTER, C.E. (1980): Methods of summarizing survey data from lakes, illustrated by reference to Lough Neagh, Northern Ireland. - In: MURRAY, D.A.(ed.): *Chironomidae*. Ecology, Systematics, Cytology and Physiology, 217-224, Pergamon Press Oxford, New York.
- CHAPMAN, J., ECKE, D.H. (1969): Study of a population of chironomid midges (*Tanytarsus*) parasitized by mermithid nematodes in Santa Clara County, California. - California Vector Views 16(9), 83 - 92.
- CRANSTON, P.S. (1982): A key to the larvae of the british *Orthocladiinae* (*Chironomidae*). - Freshwater Biological Association, Scient. Publ. 45.
- CUSHMAN, R.M. (1984): Chironomid deformities as indicators of pollution from a synthetic, coal-derived oil. - Freshw.Biol. 14, 179-182.
- DEEVEY, E.S. (1941): Limnological studies in Connecticut. VI. The quantity and composition of the bottom fauna of thirty-six Connecticut and New York lakes. - Ecol.Monogr. 11, 413-455.
- DERMOTT, R.M., PATERSON, C.G. (1974): Determining dry weight and percentage dry matter of chironomid larvae. - Can.J.Zool. 52, 1243-1250.
- DOUD, R.W.Jr. (1974): The effects of differential digestion rates of zooplankters by brown trout (*Salmo trutta*) on Ivlev's electivity index. - Unveröff.Manuskrr., zitiert in: GANNON (1976).
- EDWARDS, F.W. (1925): The phylogeny of nematoceros *Diptera*. - Proc.3rd int.Congr.Ent. (Zürich), Vol. 2, 111-130.
- EGGER, J. (1863): Dipterologische Beiträge. - Verh.zool.-bot.Ges.Wien 13, 1101-1110.

- ELLIOTT, J.M. (1970): Diel changes in invertebrate drift and the food of trout (*Salmo trutta* L.). - J.Fish.Biol. 2, 161-165.
- (1977): Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. - Freshwater Biological Publications, Scient. Publ. 25.
- ELSTER, H.-J. (1933): Beiträge zur Biologie des Blaufelchen (*Coregonus wartmanni* BLOCH). - Int.Rev.ges.Hydrobiol.Hydrogr. 30(1/2), 181-246.
- (1950): Über die Abhängigkeit der Felchenfangplätze von der Verteilung des Planktons. - Allg.Fischztg. 75 (15, S. 373-374; 16, S. 395-397; 17, S. 416).
- FITTKAU, E.J. (1962): Die *Tanypodinae* (Diptera, Chironomidae). Die Tribus Anatopyniini, Macropelopiini und Pentaneurini. - Abh.Larval-syst. Insekten 6, 1-453.
- FITTKAU, E.J., REISS, F. (1978): *Chironomidae*. - In: ILLIES, J.(ed.): Limnofauna Europaea, 2. Aufl., 404-440. G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- FLANNAGAN, J.F. (1970): Efficiency of various grabs and corers in sampling freshwater benthos. - J.Fish.Res.Bd.Can. 27, 1691-1700.
- FLÖBNER, D. (1972): Krebstiere, Crustacea. Kiemen- und Blattfüßer, Branchiopoda, Fischläuse, Branchiura. - In: Die Tierwelt Deutschlands, 60. Teil, 1-501, G. Fischer Verlag, Jena.
- FORD, J.B. (1959): A study of larval growth, the number of instars and sexual differentiation in the *Chironomidae* (Diptera). - Proc.R.ent. Soc.Lond. (A) 34, 151-160.
- FRANK, C. (1983): Beeinflussung von Chironomidenlarven durch Umweltchemikalien und ihre Eignung als Belastungs- und Trophieindikatoren. - Verh.Dtsch.Zool.Ges. 1983, 143-146.
- GANNON, J.E. (1976): The effects of differential digestion rates on zooplankton by Alewife, *Alosa pseudoharengus* on determinations of selective feeding. - Trans.Am.Fish.Soc. 105, 89-95.
- GERSTMEIER, R. (1983): Die profundale Chironomidenfauna des Starnberger Sees und ihre nahrungsökologische Bedeutung für die Renken. - Unveröff. Bericht f. Bayer.Staatsmin.f.Ernähr., Landw. und Forsten.
- GERSTMEIER, R. (1985): Nahrungsökologische Untersuchungen an Fischen im Nationalpark Berchtesgaden. - Arch.Hydrobiol./Suppl. 72(3), 237-286.
- GOETGHEBUER, M. (1928): Dipteres (Nematoceres). *Chironomidae*. III. Chironomariæ. - Faune Fr. 5, 1-174.
- (1939): *Tendipedidae* (Chironomidae). c) Subfamilie *Diamesinæ*. A. Die Imagines. - In: LINDNER, E.(ed.): Die Fliegen der palaearktischen Region 13 d, 1-28.

- GÖTZ, P. (1964): Der Einfluß unterschiedlicher Befallsbedingungen auf die mermithogene Intersexualität von *Chironomus* (Dipt.). - Z. Parasit. Kde 24, 484-545.
- - (1973 b): *Hydromermis contorta* (Nematoda). Eindringen des Parasiten in den Wirt *Chironomus thummi* (Diptera). - In: WOLF, G.(ed.): Encyclopaedia Cinematographica. 14 S.
- - (1974 a): Humorale Einkapselung von *Hydromermis contorta* und *Turbatrix aceti* (Nematoda) in die Haemolympe von *Chironomus thummi* (Diptera). - Publen wiss. Filmen 7, 67-79.
- GRIMMINGER, H. (1982): Verzeichnis der Seen in Bayern, mit einem Kartenteil. - Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, München.
- HAEMPEL, O. (1930): Fischereibiologie der Alpenseen. - In: Die Binnengewässer Bd. 10. - E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- HILSENHOFF, W.L. (1967): Ecology and population dynamics of *Chironomus plumosus* (Diptera: Chironomidae) in Lake Winnebago, Wisconsin. - Ann.ent.Soc.Amer. 60, 1183-1194.
- HILTUNEN, J.K. (1969): Invertebrate macrobenthos of western Lake Superior. - Michigan Academician 1(3+4), 123-133.
- HIRVENOJA, M. (1973): Revision der Gattung *Cricotopus* v.d.WULP und ihrer Verwandten (Diptera, Chironomidae). - Ann.Zool.Fennici 10, 1-363.
- HOFMANN, W. (1971 b): Zur Taxonomie und Palökologie subfossiler Chironomiden (Diptera) in Seesedimenten. - Arch.Hydrobiol., Beih. 6, 1-50.
- - (1984): A subfossil record of the presumed larva of *Corynocera oliveri* LINDBERGH from the Lobsigensee (Swiss Plateau). Studies in the Late-Quaternary of Lobsigensee 8. (Diptera, Chironomidae). - Spixiana 7(2), 211-214.
- HOMINICK, W.M., WELCH, H.E. (1971): Synchronization of the life cycles of three mermithids (Nematoda) with their chironomid (Diptera) hosts and some observations on the pathology of the infections. - Can.J.Zool. 49, 975-982.
- HOPE F.W. (1838)<1840>: Journal of proceedings.- Trans.ent.Soc.London 2 (4), 84-86.
- HYSLOP, E.J. (1980): Stomach contents analysis - a review of methods and their application. - J.Fish.Biol. 17, 411-429.
- JACOBSEN, O.J. (1974): Feeding habits of the population of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) in Haugatjern - an eutrophic Norwegian lake. - Norw.J.Zool. 22, 295-318.
- - (1982): A review of food and feeding habits in coregonid fishes. - Pol.Arch.Hydrobiol. 29(1), 179-200.

- JARNEFELT, H. (1953): Die Seetypen in bodenfaunistischer Hinsicht. - Suomal.eläin-ja kasvit.Seur.van.Julk. 15, 1-38.
- JÄRVI, T.H. (1921): Die kleine Maräne (*Coregonus albula* L.) im Keitele-See. - Ann.Acad.Sci.Fenn. (A) 14, 1-301.
- JOHNSON, A.A. (1963): *Octomyomermis itascensis* gen. et sp.nov. (*Nemato-da: Mermithidae*), a parasite of *Chironomus plumosus* (L.). - Trans. Am.Microsc.Soc. 82(3), 237-241.
- JONASSON, P.M. (1955): The efficiency of sieving techniques for sampling freshwater bottom fauna. - Oikos 6, 183-207.
- - (1965): Factors determining the population size of *Chironomus anthracinus* in Lake Esrom. - Mitt.Int.Verein.Limnol. 13, 139-162.
- - (1970): Population studies on *Chironomus anthracinus*. - Proc. Adv. Study Inst.Dynamics Numbers Popul.(Oosterbeek), 220-231.
- - (1972): Ecology and production of the profundal benthos in relation to phytoplankton in Lake Esrom. - Oikos Suppl. 14, 1-148.
- JUDE, D.J. (1973): Food and feeding habits of Gizzard shad in pool 19, Mississippi River. - Trans.Am.Fish.Soc. 102(2), 378-383.
- KAJAK, Z. (1960): Quantitative dynamics of benthic *Tendipedidae* in the muddy sections of the "Konfederatha". - Ekol.Pol. (A) 8(10), 229-260.
- - (1963 a): Analysis of quantitative benthic methods. - Ekol.Pol. (A) 11, 1-56.
- KAJAK, Z., DUSOGE, K. (1971): The regularities of vertical distribution of benthos in bottom sediments of three masurian lakes. - Ekol.Pol. 19, 485-499.
- - (1975 a): Macrobenthos of Lake Taltowisko. - Ekol.Pol. 23(2), 295-316.
- KAJAK, Z., DUSOGE, K., PREJS, A. (1968): Application of the flotation technique to assessment of absolute number of benthos. - Ekol.Pol. (A) 16, 607-620.
- KANSANEN, P.H., AHO, J., PAASIVIRTA, L. (1984): Testing the benthic lake type concept on chironomid associations in some Finnish lakes using multivariate statistical methods. - Ann.Zool.Fennici 21, 55-76.
- KEAST, A., WELCH, L. (1968): Daily feeding periodicities, food uptake rates and dietary changes with the hour of the day in some lake fishes. - J.Fish.Res.Bd.Can. 25, 1134-1143.
- KENNEDY, C.R. (1969): Tubificid oligochaetes as food of dace. - J.Fish. Biol. 1, 11-15.
- KLEIN, M. (1980): Die Situation der Renkenfischerei am Starnberger See. - Fischer und Teichwirt 10/1980, 7 S.

- KÜLBING, A. (1974): Der Starnberger See und die seinem Trophiezustand angemessene Bewirtschaftungsweise des Coregonenbestandes. - Veröff. Zool. Staatssamml. München 17, 1-108.
- KOHMANN, F. (1982): Struktur, Dynamik und Diversität der benthischen Invertebratengesellschaften des Unteren Inn. - Diss. Ludwig-Maximilians-Universität, München, 1-214.
- KOLKOWITZ, R., MARSSON, M. (1902): Grundsätzliches für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. - Mitt.K.Prüfanst.Wasservers.Abwasserbes. Berlin-Dahlem 1, 33-72.
- KREAMER, G., HARRISON, A.D. (1984): Seasonal and diurnal migration of larval *Sergentia coracina* (Diptera: Chironomidae) in Lake Matamek, Eastern Quebec. - Verh.Internat.Verein.Limnol. 22, 388-394.
- LAMPERT, W. (1971): Untersuchungen zur Biologie und Populationsdynamik der Coregonen im Schluchsee. - Arch.Hydrobiol./Suppl. 38(3), 237-314.
- LANGTON, P.H. (1980): The genus *Psectrocladius* KIEFFER (Diptera: Chironomidae) in Britain. - Entomologist's Gazette 31, 75-88.
- - (1984): A key to the exuviae of British Chironomidae. P.H. LANGTON, Cambridgeshire. 324 S.
- LAVILLE, H. (1971): Recherches sur les Chironomides (Diptera) lacustres du massif de Neovielle (Haut-Pyrenees). - Annls Limnol. 7, 173-414.
- LENHART, B., STEINBERG, C. (1982): Zur Limnologie des Starnberger Sees. - Inform.ber.d.Bay.Landesamtes f.Wasserwirtschaft 3/82, 1-284.
- LENZ, F. (1925 a): Chironomiden und Seetypenlehre. - Die Naturwiss. 13(1), 5-10.
- - (1925 b): *Didiamesa miriforceps* KIEFFER. Eine neue Chironomide aus der Tiefe von Binnenseen. - Neue Beitr.syst.Insektenk. 3, 85-94.
- - (1927 b): Chironomiden aus norwegischen Hochgebirgsseen. Zugleich ein Beitrag zur Seetypenlehre. - Nytt Mag.Naturvid. 66, 111-192.
- - (1941 a): Die Jugendstadien der Sectio Chironomarie (Tendipedini) connectentes (Subf. Chironominae=Tendipedinae). Zusammenfassung und Revision. - Arch.Hydrobiol. 38, 1-69.
- - (1941 b): Die Metamorphose der Chironomidengattung *Cryptochironomus*. - Zool.Anz. 133, 29-41.
- - (1951): Probleme der Chironomiden-Forschung. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 11, 230-245.
- - (1954 b): Die Bodenfauna des Lago Maggiore und ihre Lebensbedingungen. - Mem.Ist.Ital.Idrobiol. 8, 273-322.

- LENZ, F. (1955): Qualitative und quantitative Untersuchungen der Sandfauna holsteinischer Seen. - Verh.Internat.Verein.Limnol. 12, 193-211.
- LIEBMANN, H. (1947): Die Notwendigkeit einer Revision des Saprobiensystems und deren Bedeutung für die Wasserbeurteilung. - Ges.Ing. 68, 33-37.
- LIND, O.T. (1979): Handbook of common methods in Limnology. - The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1-199.
- LINDEGAARD, C., JONASSON, P.M. (1979): Abundance, population dynamics and production of zoobenthos in Lake Myvatn, Iceland. - Oikos 32, 202-227.
- LINEVICH, A.A. (1962): On the taxonomy of the genus *Corynocera* Z. (Dipt., Tendip.) (in Russisch). - Ent.Obozr. 41, 198-205.
- LUNDBECK, J. (1926): Die Bodentierwelt norddeutscher Seen. - Arch.Hydrobiol. Suppl. 7, 1-473.
- - (1936): Untersuchungen über die Bodenbesiedelung der Alpenrandseen. - Arch.Hydrobiol. Suppl. 10, 207-358.
- MAKARCHENKO, E.A. (1982): Chironomids of the genus *Protanypus* from the Far East of the USSR (in Russisch). - Akad.Nauk SSSR biol. pochv. Inst.Vladivostok, 125-144.
- MANN, R.H.K., ORR, D.R. (1969): A preliminary study of the feeding relationships of fish in a hardwater and a softwater stream in Southern England. - J.Fish.Biol. 1, 31-44.
- MASON, W.T. (1973): An introduction to the identification of chironomid larvae. - Cincinnati, 1-90.
- MASON, W.T., YEVICH, P.P. (1967): The use of phloxine B and rose bengal stains to facilitate sorting benthic samples. - Trans.Am.Microsc. Soc. 86(2), 221-223.
- MCCAULEY, V.J.E. (1974): Instar differentiation in larval *Chironomidae* (Diptera). - Can.Ent. 106, 179-200.
- MELZER, A. (1981): Veränderungen der Makrophytenvegetation des Starnberger Sees und ihre indikatorische Bedeutung. - Limnologica 13(2), 449-458.
- MELZER, A., HERRMANN, M. (1980): Die quantitative Verbreitung der Makrophytenvegetation des Starnberger Sees. - Ber.Bayer.Bot.Ges. 51, 31-56.
- MIALL, L.C., HAMMOND, A.R. (1900): The structure and life-history of the Harlequin Fly (*Chironomus*). - Clarendon Press, Oxford, 1-196.
- MILBRINK, G. (1972): Communities of *Oligochaeta* as indicators of water pollution in Swedish lakes. - Acta univ. upsal. 221, 1-14.

- MILBRINK, G. (1973): On the vertical distribution of Oligochaetes in lake sediments. - Rep.Inst.Freshw.Res.Drottningholm 53, 34-50.
- MOLLER PILLOT, H.K.M. (1978): De Larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera). - Nederl.faun.Meded. 1, 1-101.
- MOSSBERG, P., NYBERG, P. (1979): Bottom fauna of small and acid forest lakes. - Rep.Inst.Freshw.Res.Drottningholm 58, 77-87.
- MOTHES, G. (1966): Ein Beitrag zur Kenntnis der Chironomiden des Stechlinsees. - Gew.Abwäss. 41/42, 85-93.
- - (1968): Einige ökologisch interessante Chironomiden aus dem Stechlinseegebiet. - Annls zool. fenn. 5, 92-96.
- - (1971 b): Probleme der Ernährung sympatrischer Chironomidengruppen. - Limnologica 8(1), 193-199.
- MOUBAYED, Z., LAVILLE, H. (1983): Les Chironomides (Diptera) du Liban. I. Premier inventaire faunistique. - Annls Limnol. 19(3), 219-228.
- MÜLLER, H. (1952): Die produktionsbiologischen Verhältnisse märkischer Seen in der Umgebung Storkows. - Z.f.Fisch.Hilfswiss. N.F., 95-246.
- MÜLLER, J., KLEINMANN, A. (1986): Late- and postglacial sedimentation changes in Lake Starnberg (S-Germany). - Hydrobiologia, im Druck.
- MUNDIE, J.H. (1957): The ecology of Chironomidae in storage reservoirs. - Trans.R.ent.Soc.Lond. 109, 149-232.
- MUUS, B.J., DAHLSTRÖM, P. (1978): Süßwasserfische. - BLV Verlagsgesellschaft, München.
- NÄHER, W. (1963): Untersuchungen über die Radioaktivität im Wasser und Plankton des Starnberger Sees mit besonderer Berücksichtigung der Wassergüte. - Arch.Hydrobiol. 59(4), 401-466.
- NAUMANN, E. (1923): Einige Grundzüge der regionalen Limnologie Süd- und Mittelschwedens. - Verh.Internat.Verein.Limnol., 75-85.
- NEVERS, P. (1972): Beiträge zur Cytotaxonomie, Morphologie, Systematik und Biologie der Gattung *Sergentia* KIEFFER (Diptera, Chironomidae). - Zulassungsarbeit, Universität Freiburg, 1-70.
- NALEPA, T.F., ROBERTSON, A. (1981 b): Screen mesh size affects estimates of macro- and meiobenthos abundance and biomass in the Great Lakes. - Can.J.Fish.Aquat.Sci. 38, 1027-1034.
- PAASIVIRTA, L., SÄRKKÄ, J. (1978): Effects of pulp mill and municipal effluents and humus load on the macro- and meiobenthos of some finnish lakes. - Verh.Internat.Verein.Limnol. 20, 1779-1788.
- PAGAST, F. (1940): Über Zusammensetzung und Verteilung der Bodenchironomidenfauna mitteleuropäischer Seen. -Schr.physik.ökonom.Ges.Königsberg 71, 387-403.

- - (1947): Systematik und Verbreitung der um die Gattung *Diamesa* gruppierten Chironomiden. - Arch.Hydrobiol. 41, 435-596.
- PECHLANER, R., ZADERER, P. (1985): Interrelations between brown trout and chironomids in the alpine lake Gossenköllesee (Tyrol). - Verh.Internat.Verein.Limnol. 22(4), 2620-2627.
- PILLAY, T.V.R. (1952): A critique of the methods of study of food of fishes. - J.Zool.Soc.India 4(2), 185-200.
- PINDER, L.C.V. (1978): A key to the adult males of the British *Chironomidae* (Diptera). - Freshwater Biological Association, Scient. Publ. 37.
- POINAR, G.O.Jr., TOURENQ, J.N. (1972): On the occurrence of *Hydromermis contorta* (KOHN) (Nematoda) parasitizing midges (*Chironomidae*) in the Camargue. - Annls Limnol. 8(1), 41-48.
- PONYI, J.E., TATRAI, I., FRANKO, A. (1983): Quantitative studies on *Chironomidae* and *Oligochaeta* in the benthos of Lake Balaton. - Arch.Hydrobiol. 97(2), 196-207.
- POTTER, D.W.B., LEARNER, M.A. (1974): A study of the benthic macro-invertebrates of a shallow eutrophic reservoir in South Wales with emphasis on the *Chironomidae* (Diptera); their life-histories and production. - Arch.Hydrobiol. 74(2), 186-226.
- RADDUM, G.G., SAETHER, O.E. (1981): Chironomid communities in Norwegian lakes with different degrees of acidification. - Verh.Internat. Verein. Limnol. 21, 399-405.
- REISS, F. (1965): *Micropsectra praecox* MEIG. und *Micropsectra contracta* n.sp. (Diptera: Chironomidae). - Arch.Hydrobiol. 61(2), 228-241.
- - (1968): Ökologische und systematische Untersuchungen an Chironomiden (Diptera) des Bodensees. Ein Beitrag zur lakustrischen Chironomidenfauna des nördlichen Alpenvorlandes. - Arch.Hydrobiol. 64, 176-323.
- - (1983): Die faunistische Erfassung der *Chironomidae* Bayerns (Diptera, Insecta). In: BURMEISTER, E.G., REISS, F.: Die faunistische Erfassung ausgewählter Wasserinsektengruppen in Bayern (Eintagsfliegen, Libellen, Steinfliegen, Köcherfliegen, Zuckmücken). Teil 2, 145-193. Inf.ber.d.Bay. Landesamtes f.Wasserwirtschaft 7783, München, 193 S.
- - (1984): Die Chironomidenfauna (Diptera, Insecta) des Osterseengebietes in Oberbayern. - Berichte der ANL 8, 186-194.
- REISS, F., FITTKAU, E.J. (1971): Taxonomie und Ökologie europäisch verbreiteter *Tanytarsus*-Arten (*Chironomidae*, *Diptera*). - Arch.Hydrobiol. Suppl. 40, 75-200.
- REISS, F., GERSTMEIER, R. (1984): *Corynocera ambigua* ZETTERSTEDT als Glazialrelikt im Starnberger See, Oberbayern (Diptera, Chironomidae). - Nachr.bl.Bay.Entom. 33(2), 58-61.

- REISS, F., KOHMANN, F. (1982): Die Chironomidenfauna (*Diptera, Insecta*) des Unteren Inn. - Mitt.Zool.Ges.Braunau 4(4/6), 77-88.
- REISS, F., SÄWEDAL, L. (1981): Keys to males and pupae of the palae-arctic (excl. Japan) *Paratanytarsus* THIENEMANN & BAUSE, 1913, n.comb., with descriptions of three species (*Diptera: Chironomidae*). - Ent.scand.Suppl. 15, 507-537.
- REMPEL, J.G. (1940): Intersexuality in *Chironomidae* induced by nematode parasitism. - J.exp.Zool. 84, 261-289.
- ROTH, J.C., NEFF, S.E. (1964): Studies of physical limnology and profundal bottom fauna, Mountain Lake, Virginia. - Tech.Bull.Va agric.Exp.Stn 169, 44 S.
- SÄRKKÄ, J. (1978): New records of profundal *Oligochaeta* from Finnish lakes, with ecological observations. - Ann.Zool.Fenn. 15, 235-240.
- - (1979): The zoobenthos of Lake Päijänne and its relation to some environmental factors. - Acta Zool.Fenn. 160, 1-46.
- - (1982): On the ecology of littoral *Oligochaeta* of an oligotrophic Finnish lake. - Holarc. Ecol. 5, 396-404.
- SÄRKKÄ, J., AHO, J. (1980): Distribution of aquatic *Oligochaeta* in the Finnish Lake District. - Freshw.Biol. 10, 197-206.
- SAETHER, O.E. (1975 d): Two new species of *Protanypus* KIEFFER, with keys to nearctic and palaearctic species of the genus (*Diptera: Chironomidae*). - J.Fish.Res.Bd.Can. 32(3), 367-388.
- - (1979): Chironomid communities as water quality indicators. - Holarc.Ecol. 2, 65-74.
- SAETHER, O.E., GALLOWAY, T.D. (1980): Sexual anomalies in Chironomini (*Diptera: Chironomidae*) from Lake Winnipeg, Manitoba, with observations on mermithid (*Nematoda*) parasites. - Acta Univ.Carol.Biol. 1978, 193-211.
- SÄWEDAL, L. (1976): Revision of the *notescens*-group of the genus *Micropectra* KIEFFER, 1909. - Ent.scand. 7, 109-144.
- - (1982 c): Taxonomy, morphology, phylogenetic relationships and distribution of *Micropectra* KIEFFER, 1909 (*Diptera: Chironomidae*). - Ent.scand. 13, 371-400.
- SCHLEE, D. (1966): Präparation und Ermittlung von Meßwerten an Chironomiden (*Diptera*). - Gew.Abwäss. 41/42, 169-193.
- SCHLOTT, G. (1976): Die Chironomiden des Piburger Sees (Tirol, Österreich). - Diss.Abt.Limnol.Innsbruck 4, 1-77.
- SCHRÖDER, R., SCHRÖDER, H. (1978): Ein Versuch zur Quantifizierung des Trophiegrades von Seen. - Arch.Hydrobiol. 82, 240-262.

- SCHÜRCH, M. (1985): Zur Faunistik und Ökologie der Chironomiden (*Diptera*) des Zürichsees. - Diss. Universität Zürich, 35 S.
- SCHULZ, N. (1975): Untersuchungen zur Biologie der Seesaiblinge (*Salvelinus alpinus* L.) (*Pisces: Salmonidae*) im Achensee (Tirol, Österreich). Teil I. Nahrungsaufnahme. - Ber.nat.med.Ver.Innsbruck 62, 139-151.
- - (1979): Untersuchungen zur Nahrungsaufnahme der Coregonen (*Coregonus wartmanni* BLOCH) (*Pisces: Salmonidae*) im Achensee (Tirol, Österreich). - Ber.nat.med.Ver.Innsbruck 66, 109-124.
- SCHWERDTFEGGER, F. (1975): Ökologie der Tiere. Bd. III. Synökologie. - Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin.
- SCHWOERBEL, J. (1974): Einführung in die Limnologie. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- - (1980): Methoden der Hydrobiologie. Süßwasserbiologie. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- SHILOVA, A.I. (1966 b): On the systematics of *Cryptochironomus* ex gr. *defectus* KIEFFER (*Diptera: Chironomidae*). - Trudy Inst.Biol. vnutr.Vod 12, 214-238.
- SIEBECK, O. (1982): Der Königssee. Eine limnologische Projektstudie. - Forsch.Ber. 5/1982, 1-131, Nationalpark Berchtesgaden.
- SLACK, H.D. (1965): The profundal fauna of Loch Lomond, Scotland. - Proc.R.Soc.Edinb.Sec.B 69, 272-297.
- - (1967): A brief survey of the profundal benthic fauna of lakes in Manitoba. - J.Fish.Res.Bd.Can. 24, 1017-1033.
- SLADECEK, V. (1973): System of water quality from the biological point of view. - Erg.Limnol. 7, 1-218.
- SMOCK, L.A. (1980): Relationships between body size and biomass of aquatic insects. - Freshw.Biol. 10, 375-383.
- SOKOLOVA, N.YU. (1968): Über die Ökologie der Chironomiden im Utscha-Stausee. - Ann.Zool.Fenn. 5, 139-143.
- STAHL, J.B. (1966): Characteristics of a North American *Sergentia* Lake. - Gew.Abwäss. 41/42, 95-122.
- STEINBERG, C., LENHART, B., SCHRIMPF, A. (1981): Limnologische Untersuchungen zur effektiven Seenbewirtschaftung. - Fischer und Teichwirt 32(6), 164-168.
- STEINBÖCK, O. (1949): Zur Turbellarien-Fauna des Lago Maggiore und des Lago di Como. - Mem.Ist.Ital.Idrobiol. 5, 231-254.
- - (1951): Turbellarienstudien am Lago Maggiore. I. u. II. - Mem.Ist. Ital.Idrobiol. 6, 137-176.

- SVABENIK, J. (1928): Aus dem Leben der *Paramermis contorta*. - Zool.Anz. 77, 259-267.
- TEBO, L.B. (1955): Bottom fauna of a shallow eutrophic lake, Lizard Lake, Pocahontas County, Iowa. - Am.Midl.Nat. 54, 89-103.
- THIENEMANN, A. (1918): Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Fauna in norddeutschen Seen. - Arch.Hydrobiol. 12, 1-65.
- - (1920): Biologische Seetypen und die Gründung einer Hydrobiologischen Anstalt am Bodensee. - Arch.Hydrobiol. 13, 347-370.
- - (1925): Die Binnengewässer Mitteleuropas: Eine limnologische Einführung. - Die Binnengewässer I, 1-255.
- - (1950): Lunzer Chironomiden. Ergebnisse von Untersuchungen der stehenden Gewässer des Lunzer Seengebietes (Niederösterreich). - Arch.Hydrobiol. Suppl. 18, 1-202.
- - (1954): *Chironomus*. Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden. - Die Binnengewässer 20, 834 S.
- THIENEMANN, A., ZAVREL, J. (1916): Die Metamorphose der Tanypinen. - Arch.Hydrobiol.Planktonk. 2(1921), 566-654.
- THUT, R.N. (1969): A study of the profundal bottom fauna of Lake Washington. - Ecol.Monogr. 39(1), 79-100.
- ULE, W. (1901): Der Würmsee (Starnberger See) in Oberbayern. Eine limnologische Studie. - Wiss.Veröff.Ver.Erdk.Leipzig Bd. 5, 1-211.
- VALLE, K.J. (1927): Ökologisch-limnologische Untersuchungen über die Boden und Tiefenfauna in einigen Seen nördlich vom Ladoga-See. I. - Acta zool.fenn. 2, 1-179.
- VOLLENWEIDER, R.A. (1968): Die wissenschaftlichen Grundlagen der Seen- und Fließgewässereutrophierung, unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors und des Stickstoffs als Eutrophierungsfaktoren. - OECD-Bericht DAS/CSI/68.27.
- WACHTER, H. (1959): Würm- und Ammersee. Ein hydrographischer Vergleich. Gew.Abwäss. 25, 1-76.
- WAGLER, E. (1941): Die Coregonen. - Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas 3, 369-501.
- WARWICK, W.F. (1980): Pasqua Lake, Southeastern Saskatchewan: a preliminary assessment of trophic status and contamination based on the *Chironomidae* (Diptera). - In: MURRAY, D.A.(ed.): *Chironomidae*. Ecology, Systematics, Cytology and Physiology. Pergamon Press, Oxford, New York, 255-267.
- WELCH, H.E. (1976): Ecology of *Chironomidae* in a polar lake. - J.Fish.Res.Bd.Can. 33, 227-247.

- WIEDERHOLM, T. (1973): Bottom fauna as an indicator of water quality in Swedens large lakes. - *Ambio* 2(4), 107-110.
- - (1974): Bottom fauna and eutrophication in the large lakes of Sweden. - *Acta Univ.Upsal.* 270, 13 S.
- - (1980 a): Use of benthos in lake monitoring.- *J.Wat.Poll.Contr.* 52(3), 537-547.
- - (1980 c): Chironomids as indicators of water quality in Swedish lakes. - *Acta Univ.Carol.Biol.* 1978, 275-283.
- - (1981): Associations of lake-living *Chironomidae*. A cluster analysis of Brundin's and recent data from Swedish lakes. - *Schweiz.Z.Hydrol.* 43(1), 140-150.
- - (ed.) (1983): *Chironomidae* of the holarctic region. Part 1. Larvae. - *Ent.scand. Suppl.* 19, 457 S.
- - (1984): Incidence of deformed chironomid larvae (*Diptera: Chironomidae*) in Swedish lakes. - *Hydrobiologia* 109, 243-249.
- WIEDERHOLM, T., ERIKSSON, L. (1977 a): Effects of alcohol-preservation on the weight of some invertebrates. - *Zoon* 5, 29-31.
- - (1977 b): Benthos of an acid lake. - *Oikos* 29, 261-267.
- WILEY, M.J., MOZLEY, S.C. (1978): Pelagic occurrence of benthic animals near shore in Lake Michigan. - *J.Great Lakes Res.*, *Int.Ass.Great Lakes Res.* 4(2), 201-205.
- WILSON, R.S., MCGILL, J.D. (1982): A practical key to the genera of pupal exuviae of the British *Chironomidae* (*Diptera: Insecta*). - *Bristol Univ. Printing Office*, 62 S.
- WINBERG, G.G., PATALAS, K., WRIGHT, J.C., HILLBRICHT-ILKOWSKA, A., COOPER, W.E., MANN, K.H.: Methods for calculating productivity. 296-317. In: EDMONDSON, W.T., WINBERG, G.G.(ed.): A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters. *IBP-Handbook* 17, Blackwell Scientific Publications, Oxford, Edinburgh.
- WINDELL, J.T., BOWEN, S.H. (1968): Methods for study of fish diets based on analysis of stomach contents. - *IBP-Handbook* 3, 219-226.
- WISNIEWSKI, R.J., DUSOGE, K. (1983): Ecological characteristics of lakes in North-Eastern Poland versus their trophic gradient. IX. The macrobenthos of 44 lakes. - *Ekol.Pol.* 31(2), 429-457.
- WULKER, W. (1956): Zur Kenntnis der Gattung *Psectrocladius* KIEFFER (*Diptera, Chironomidae*). - *Arch.Hydrobiol. Suppl.* 24(3), 1-66.
- - (1958 a): Parasitäre Intersexualität bei Chironomiden des Schluchsees. - *Gew.Abwäss.* 20, 61-67.

- - (1961 a): Lebenszyklus und Verteilung der Chironomide (*Diptera*) *Sergentia coracina* ZETT. im Titisee. - Verh.Internat.Verein.Limnol. 14, 962-967.
 - - (1961 b): Studien zur Morphologie, Biologie und Verbreitung der Gattung *Sergentia* KIEFF. (*Diptera*, *Chironomidae*). - Arch.Hydrobiol. Suppl. 25, 307-331.
- YAMAGISHI, H., FUKUHARA, H. (1971): Ecological studies on *Chironomidae* in Lake Suwa. I. Population dynamics of two large chironomids, *Chironomus plumosus* L. and *Spaniotoma akumusi* TOKUNAGA. - Oecologia 7, 309-332.
- ZADERER, P. (1981): Emergenz der Chironomiden des Gossenköllesees in den Jahren 1977 bis 1980. - Jber.Abt.Limnol.Innsbruck 7, 177-191.
- ZSCHOKKE, F. (1911): Die Tiefseefauna der Seen Mitteleuropas. - Leipzig.

10. ANHANG

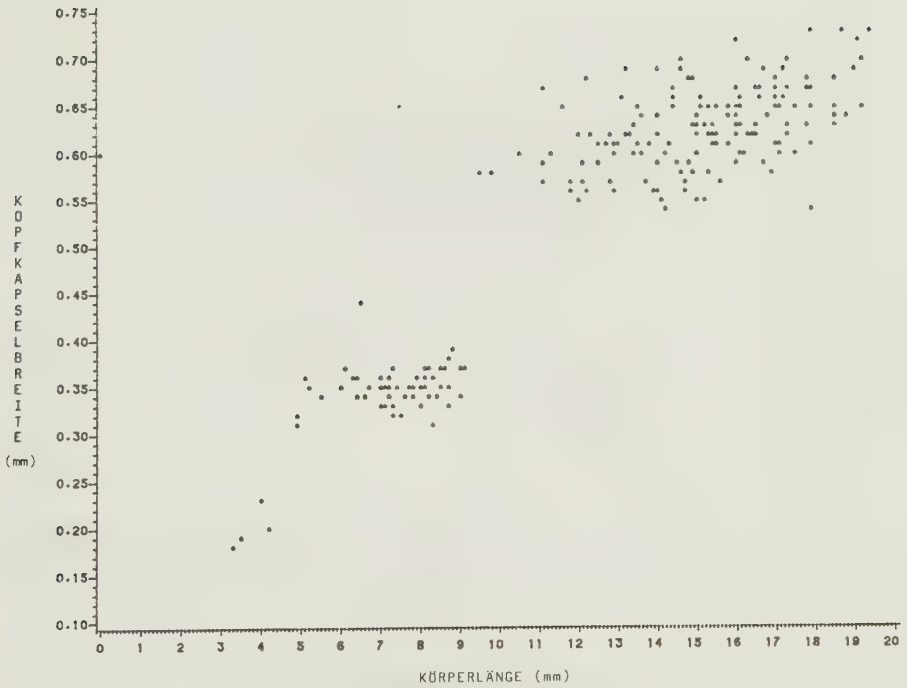


Abb. 1: Kopfkapselbreiten von *Chironomus anthracinus*

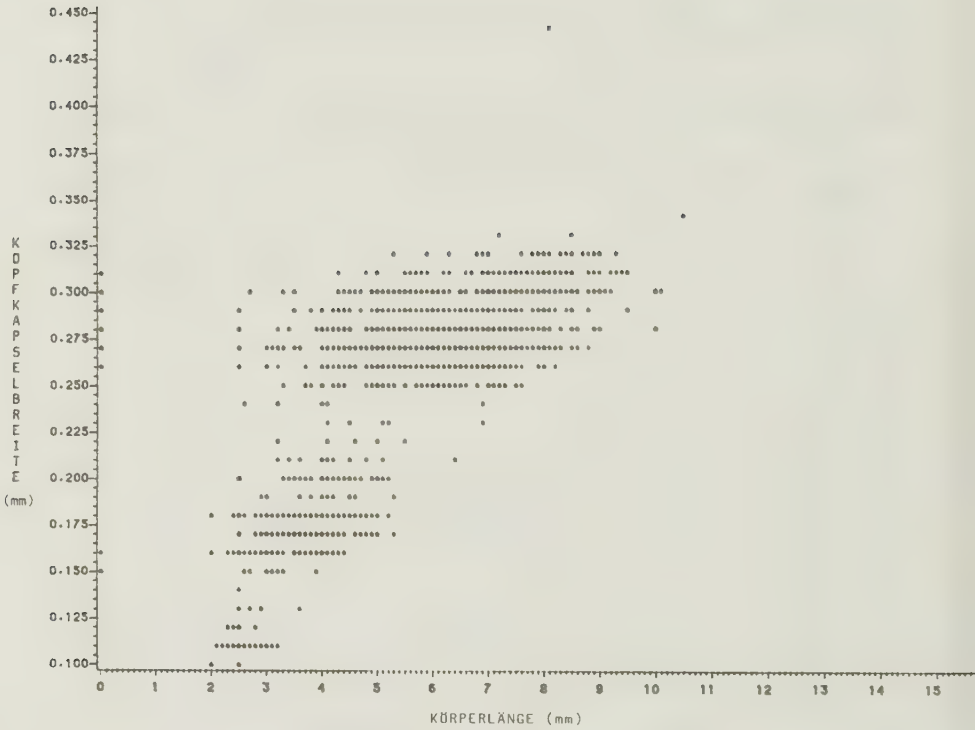


Abb. 2: Kopfkapselbreiten von *Tanytarsus* spp.



Abb. 3: Kopfkapselbreiten von *Micropsectra* spp.

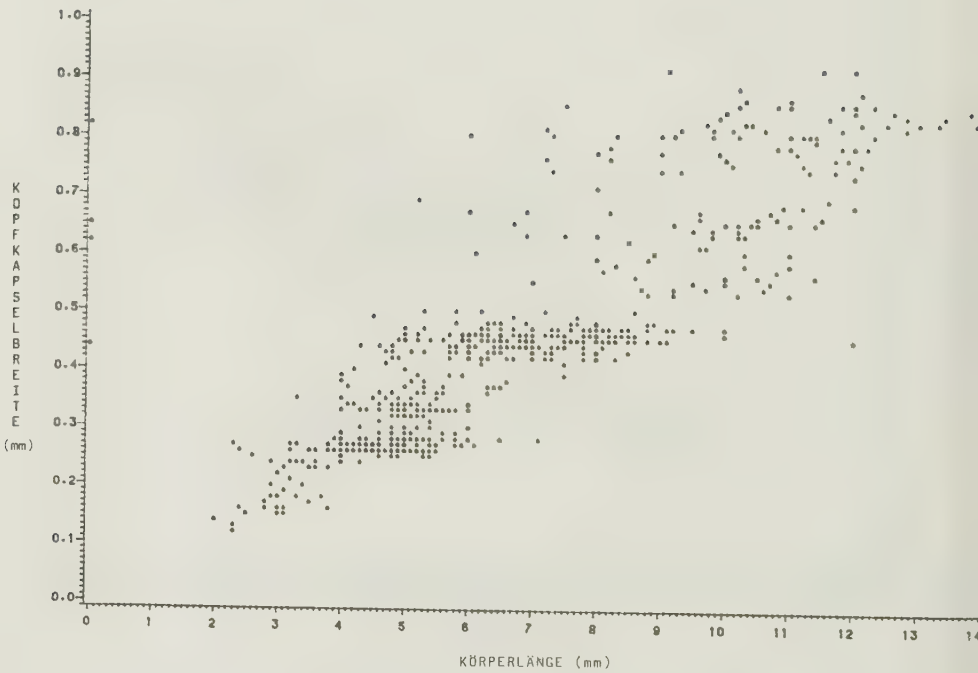


Abb. 4: Kopfkapselbreiten von *Procladius* spp.

Tab. A: Benthic Quality Index (BQI) nach WIEDERHOIM (1980 a)

$$BQI = \sum_{i=0}^5 \frac{n_i \cdot k_i}{N}$$

- Wobei k_i = 5 für *Heterotrissocladius subpilosus*
= 4 für *Micropsectra* spp. und *Paracladopelma* spp.
spez. *P. nigrifula*
= 3 für *Sergentia coracina* und *Stictochironomus*
rosenschoeldi
= 2 für *Chironomus anthracinus*
= 1 für *Chironomus plumosus*
= 0 wenn diese Indikatororganismen nicht auftreten
- n_i = Anzahl der Individuen der verschiedenen Gruppen
 N = Gesamtanzahl von Indikatororganismen

Lebenslauf

Geboren: 3. September 1953 in Lindau (Bodensee)

Eltern: Klemens Gerstmeier, Obergerichtsvollzieher, geb. 26.1.1930
Erika Gerstmeier, geb. Urban, geb. 5.4.1929

Staatsangehörigkeit: Deutsch

Familienstand: Ledig

Schulausbildung: 1959-1963 Volksschule Lindau
1963-1972 Bodenseegymnasium Lindau
1972 Abitur

Zivildienst: Sommer 1972-September 1973 in der Jugendherberge Friedrichshafen

Studium: WS 1973 - SS 1974 Chemie Diplom a.d. TU-München und der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München
WS 1974 - WS 1978 Lehramt f. Gymnasien in Biologie und Chemie an der LMU München

Studienabschluß: 1. Staatsexamen Frühjahr 1979

Promotion: seit Frühjahr 1980 bei Priv.-Doz. Dr. habil E.J. FITTKAU in der Zoologischen Staatssammlung München

